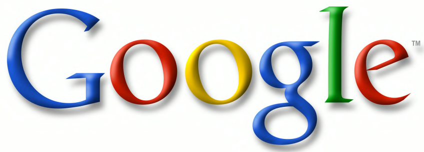


ANNALES
DES MINES,

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RAPPORTENT;

RÉDIGÉES

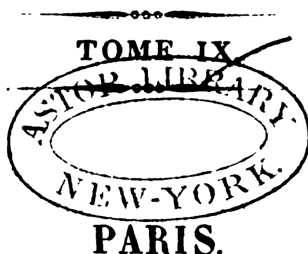
Par les Ingénieurs des Mines,

ET PUBLIÉES

Sous l'autorisation du Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics.

QUATRIÈME SÉRIE.

TOME IX.



PARIS.

CARILIAN-GOEURY ET Vor DALMONT,

LIBRAIRES DES CORPS ROYAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

Quai des Augustins, nos 39 et 41.

1846.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

Les *Annales des Mines* sont publiées sous les auspices de l'administration générale des Ponts et Chaussées et des Mines, et sous la direction d'une commission spéciale formée par le Sous-Secrétaire d'État au ministère des Travaux Publics. Cette commission est composée, ainsi qu'il suit, des membres du conseil général des mines, de l'inspecteur des études et des professeurs de l'École des mines, du chef de la division des mines, d'un ingénieur secrétaire, et d'un ingénieur secrétaire-adjoint.

M. Debette est spécialement chargé de la traduction des mémoires étrangers.

L'administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des *Annales des Mines*, pour être envoyés, soit à titre de don aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange aux rédacteurs des ouvrages périodiques français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts. — Les lettres et documents concernant les Annales des Mines doivent être adressés, *sous le couvert de M. le sous-secrétaire d'État au ministère des travaux publics*, à *M. le secrétaire de la commission des Annales des Mines*, à Paris.

Avis de l'Éditeur.

Les auteurs reçoivent *gratis* 10 exemplaires de leurs articles. Ils peuvent faire faire des tirages à part à raison de 10 fr. par feuille pour le premier cent, et de 5 fr. pour les suivants.

La publication des *Annales des Mines* a lieu par cahiers ou livraisons qui paraissent tous les deux mois. — Les trois livraisons d'un même semestre forment un volume. — Les deux volumes composant une année contiennent de 60 à 80 feuilles d'impression, et de 18 à 24 planches gravées. — Le prix de la souscription est de 20 fr. par an pour Paris, de 24 fr. pour les départements, et de 28 fr. pour l'étranger.

PARIS. — IMPRIMERIE DE FAIN ET THUNOT, rue Racine, n. 28.

RECHERCHES

Sur la géologie du Chili, et, particulièrement, 1° sur le terrain de porphyres stratifiés, dans les Cordillères; 2° sur le rapport qui existe entre les filons métallifères et les terrains du système des Andes.

Par M. IGNACE DOMEYKO, Professeur de minéralogie et de géologie au collége de Coquimbo (Chili).

Dans tout le système des terrains qui constituent la pente occidentale des Cordillères du Chili, on voit trois principaux groupes de roches qui correspondent à trois époques différentes : Division du système des Andes en trois principaux groupes de terrains.

I. Un terrain stratifié secondaire, antérieur au soulèvement des Andes;

II. Des masses soulevantes contemporaines de ces mêmes montagnes;

III. Des dépôts tertiaires postérieurs audit soulèvement.

Ces derniers, composés de couches horizontales, constituent une partie des plaines de la côte et entrent dans les vallées, où ils forment des doubles et triples vallons qui attestent autant d'époques survenues dans le soulèvement lent et continu de la côte, et postérieures au soulèvement brusque des Andes.

Le second groupe se compose de masses non stratifiées granitoïdes ou porphyriques, dont la principale roche renferme quatre éléments : le quartz, le feldspath, le mica et l'amphibole. Selon qu'un de ces éléments prédomine ou fait disparaître les autres, on a la pegmatite, la dio- Groupes de roches non stratifiées granitoïdes.

rite, la syénite, le granite proprement dit, des grünsteins, etc. Chacune de ces roches peut, en outre, passer au porphyre qui lui correspond, et aux masses homogènes, dans lesquelles on ne peut plus distinguer les éléments qui les constituent. De là résulte cette immense quantité de roches différentes qu'on rencontre dans ce groupe, et dont il serait aussi difficile qu'inutile de décrire les nuances et les modifications. Un porphyre qui, au milieu de ces roches, mérite peut-être une attention particulière, est un porphyre vert à feld-spath blanc (albitique) qui passe à l'eurite et se montre souvent en voisinage des filons.

Les roches de ce groupe composent toute la côte de l'océan Pacifique, et forment des montagnes basses, arrondies, disposées en différentes rangées, qui n'ont pas de crête commune. Ce groupe a environ 10 à 12 lieues de largeur de l'ouest à l'est, et il s'étend dans les provinces du Sud à plus de 30 lieues de la mer. Il a pour limite, du côté des Cordillères, le terrain secondaire stratifié du premier groupe, sous lequel il plonge; mais les mêmes roches reparaissent ensuite à plusieurs reprises de dessous ce terrain, et s'élèvent au-dessus de lui, en formant dans beaucoup d'endroits les cimes élevées des cordillères. C'est là qu'elles rencontrent la ligne des volcans modernes, dont je n'ai vu aucun en activité depuis Copiapo jusqu'au delà de Santiago.

Le caractère général de ces roches consiste, comme je viens de dire, dans la structure cristalline de leurs masses, le manque de stratification, la place qu'elles occupent dans le système, relativement au groupe stratifié; enfin, dans le rôle qu'elles jouent dans la configuration extérieure du

pays. Mais en examinant attentivement les différentes parties de ce groupe, on est porté à distinguer parmi les roches qui les composent :

Subdivision du second groupe en terrain ancien et en roches soulevantes.

(A) des masses de granite, qui se trouvent ordinairement les plus éloignées du centre des Cordillères, et qui forment la partie basse du système, le bord de l'Océan, où elles passent quelquefois au gneiss et au micaschiste; il paraît que l'élément essentiel de ces roches est le feldspath orthose;

(B) des masses granitoïdes et porphyriques, qui touchent au terrain stratifié secondaire qu'elles soulèvent, et qui renferment presque toujours de l'albite et de l'amphibole.

Les premières (A) sont le plus souvent stériles, très-faciles à se désagréger, et ne sont probablement que des débris d'un terrain primitif, ou, pour dire avec plus d'exactitude, d'un terrain antérieur à l'époque de ce même terrain secondaire du groupe (I), dont la formation avait précédé le soulèvement des Andes.

Les secondes (B) sont au contraire des roches soulevantes proprement dites, qui occupent les points les plus accidentés du système, et contiennent une quantité immense de filons métallifères qui se montrent très-souvent près du contact de ces mêmes roches avec les terrains qu'elles ont disloqués.

On conçoit déjà combien de difficultés doivent présenter l'étude et la distinction de ces masses, qui se ressemblent sous tant de rapports, et qui se fondent pour ainsi dire les unes dans les autres, sans laisser voir leurs plans de contact et de séparation. Il n'en est pas de même pour le groupe suivant, dont les caractères minéralogiques et géologiques sont bien prononcées, et qui forme la partie essentielle du système, la seule qui

puisse donner une idée sur l'époque du soulèvement des Andes.

Groupe I. Terrain secondaire du système.

Ce groupe secondaire, stratifié, ne descend pas jusqu'au bord de l'Océan, et il est rare de le rencontrer à moins de 700 à 800 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il se trouve beaucoup plus développé dans le nord, dans les provinces du Huasco et de Copiapo, riches en mines d'argent, et dans lesquelles ce terrain se rapproche à la distance de 12 à 15 lieues de la mer, que dans les provinces méridionales du Chili, où on ne rencontre ce même terrain qu'à plus de 30 lieues de la côte, et près de la ligne des faîtes.

Je pense que dans tout le système de roches stratifiées qui composent ce groupe, il n'y a qu'un seul terrain, dont l'époque, d'après les restes organiques qu'il renferme, correspond probablement au terrain jurassique ou crétacé. Ce terrain est pauvre en roches calcaires et arénacées, mais il abonde en porphyres, qui alternent avec des schistes porphyroïdes, brèches et tufs porphyriques, et avec différentes roches siliceuses, compactes, schistoïdes, de nature inconnue.

Les assises calcaires et de roches compactes fossilifères sont assez fréquentes dans le Nord, où elles se montrent à différentes hauteurs, et souvent dans la première ligne d'escarpements de ce terrain ; tandis que dans le Sud, on ne les trouve que près de la ligne des faîtes, et elles disparaissent entièrement au delà de la vallée de Maypo. Ainsi, on les a trouvées à l'étage supérieur du terrain, au passage du Portillo, sur le chemin de Santiago à Mendoza ; à diverses hauteurs de ce même terrain, aux latitudes du Huasco et de Copiapo, et à peu près vers la partie inférieure du

même terrain, à la latitude de Coquimbo. De sorte qu'elles ne paraissent pas former un étage à part dans ce groupe, mais elles sont subordonnées aux grandes masses de porphyres stratifiés et roches compactes schisteuses ou bréchoïdes qui se montrent sans interruption sur toute la chaîne des Andes, et constituent à elles seules la majeure partie du terrain.

C'est aussi sur cette partie porphyrique du terrain secondaire stratifié, sur la partie dégagée de roches fossilifères et dont l'étude, par conséquent, présente de grandes difficultés, que je vais rapporter quelques observations que j'ai eu l'occasion de constater dans mes voyages et particulièrement dans mes dernières excursions au sud, dans les cordillères de Santiago et de Rancagua.

Description du terrain de porphyres stratifié dans les Andes.

Les principales difficultés qu'on rencontre dans l'examen des roches qui constituent cette partie du terrain, tiennent tantôt à leur structure minéralogique, tantôt à la position qu'elles occupent relativement à la roche soulevante. Ainsi, la partie soulevée étant porphyrique et la masse qui la soulève, souvent aussi de porphyre, il est quelquefois impossible de distinguer les roches appartenant à ces deux groupes. Secondement, le terrain soulevé étant traversé, à plusieurs reprises, par la roche soulevante, il en résulte des failles et dislocations qui rendent très-compliquée la composition du terrain. Enfin, cette roche soulevante, sortant souvent au jour par des fentes et déchirements latéraux, apparaît sous les formes de bancs et de couches presque régulières; ou bien il arrive que n'ayant pas pu rompre le terrain, et se trouvant rapprochée des couches superficielles, elle occasionne des modifications notables dans leur

position et dans leur structure minéralogique, sans qu'on voie la cause immédiate de ces modifications.

Commençons par rapporter les principaux caractères des roches appartenant à ce terrain de porphyres stratifiés, et voyons en quoi elles diffèrent des porphyres appartenant au second groupe.

Porphyre argileux.

Parmi les porphyres qui entrent dans la composition de la partie inférieure du terrain secondaire je citerai en premier lieu un porphyre à pâte grise, bigarrée, en différentes nuances, de rouge, vert et bleuâtre, et qui ne contient le plus souvent que de tout petits cristaux blancs, irréguliers, ou des pointes et veinules blanches amorphes, quelquefois amygdaloïdes. Cette roche, qui est une espèce de porphyre argileux (*thonporphyr, claystone porphyry*), se désagrége souvent en gros fragments globulaires et ressemble alors à certaines roches d'agrégation. Quelquefois elle prend un aspect bréchoïde, par suite de la peroxydation très-inégale du fer contenu dans la pâte; de manière qu'on y voit des taches vertes, brunes, bleuâtres, qui imitent les parties fragmentaires d'une brèche, mais dont les cristaux blancs sont les mêmes dans toute la masse et passent d'une tache à l'autre sans être coupés ou interrompus.

Porphyre à noyaux de jaspe et de calcédoine.

Une des variétés très-remarquables du porphyre précédent est un porphyre à noyaux de jaspe et de calcédoine. Les jaspes sont rouges, verts, vert bleuâtre, rouge brun ou blanc rubanné. Ils forment des nids, des rognons et quelquefois des veines très-irrégulières au milieu du porphyre. Ils sont fragiles, cassants et adhèrent à la roche. Les rognons de jaspes dépassent rarement 0^m, à $0^m,2$ de diamètre. La calcédoine est

d'un blanc laiteux, rosâtre, bleuâtre, translucide, et souvent aux centres des boules et des rognons qu'elle forme on voit du quartz hyalin ou des géodes tapissées de cristaux dodécaédriques de quartz. Il est rare d'y trouver en même temps du spath calcaire, quoique beaucoup de ces roches donnent une légère effervescence avec les acides. Du reste, la roche même ressemble au porphyre précédent, et comme elle se désagrége facilement à l'air, il en résulte que des rognons deCalcédoine, dégagés du porphyre qui les empâtait, restent sur les pentes des montagnes ou roulent du haut de leurs escarpements.

Porphyre zéolitique.

Une autre roche très-remarquable, et qui sert encore mieux à caractériser ce terrain, c'est le porphyre à base de zéolites. Sa pâte est ordinairement d'un gris foncé, brunâtre, ou de couleur de cendre; sa structure est terreuse, rarement compacte, et quelquefois poreuse, âpre au toucher. Dans ce dernier cas la roche ressemble aux porphyres trachytiques.

Les minéraux que renferme ce porphyre sont : la *stilbite*, qui est blanche, rosâtre, quelquefois de même couleur que la heulandite de Féroë; la *mésotype*, rayonnée blanche; la *scolézite*, qui remplit ordinairement les noyaux de quelques parties amygdaloïdes de la roche (1); la *laumonite*, qui se désagrége très-promptement

(1) La scolézite de la vallée de Cachapual est en noyaux arrondis, allongés, difformes, jaunâtres à la surface et blancs dans l'intérieur; sa structure est compacte; sa cassure inégale ou demi-conchoïde, imparfaite; les petits fragments sont translucides sur les bords. Au chalumeau la scolézite se gonfle sans bouillonnement, devient opaque, puis se fond avec quelque difficulté en un verre bulleux,

à l'air, et qui souvent remplit les cavités de la roche d'une poussière blanche, impalpable (1); la *prehnite*, en cristaux lenticulaires d'un blanc perlé verdâtre (2); l'*épidote*, le *spath calcaire* et

---

demi-transparent. Elle est très-facilement attaquable par les acides avec formation de la gelée.

J'ai analysé cette substance par l'ac. muriatique et je l'ai trouvée composée de :

	(Chili)	(Pargas. an. p. Nordenskiöld.)
Silice. . .	0,463	0,465
Alumine. .	0,269	0,277
Chaux. . .	0,134	0,142
Eau. . . .	0,140	0,136
	1,006	1,020

J'ai trouvé dans la même roche amygdaloïde et dans les cavités voisines de celles de la scolezite des noyaux de stilbite et d'un autre hydrosilicate dont la composition se rapproche de celle de la heulandite.

(1) Cette poussière est tantôt comme la farine, terreuse, tantôt en aiguilles très-minces, brisées. Elle est très-facilement attaquable par les acides, même à froid, avec formation de la gelée. J'ai trouvé pour la composition de cette substance, provenant de la cordillère de Peuco (Alto de los Juncos) :

Silice. . . .	0,501
Alumine. . .	0,199
Chaux. . . .	0,141
Eau.	0,160
	1,001

(2) La prehnite de la vallée du Rio de los Cipreses m'a donné dans une analyse :

Silice.	0,436
Alumine.	0,216
Protoxyde de fer.	0,042
Chaux.	0,250
Eau.	0,053
	0,997

J'ai fait cette analyse en fondant 2 gr. de substance avec le triple de son poids de potasse au creuset d'argent.

l'*amphigène*. Ce dernier est très-rare, et je n'en ai trouvé qu'un seul cristal près d'un filon de galène dans la montagne de Catemo.

Tous ces minéraux tantôt se concentrent dans certains points de la roche en forme de cristaux ou de veines très-irrégulières; tantôt on les voit disséminés dans toute la masse en forme de petites pointes et veinules blanches, où ils jouent probablement le même rôle que le feldspath dans un porphyre feldspathique.

En général, tous ces porphyres zéolitiques se décomposent et se désagrégent très-facilement à l'air; comme en outre les parties hydrosilicatées s'y trouvent inégalement distribuées, et que parmi ces minéraux mêmes les uns se désagrégent plus promptement que les autres, il en résulte que la roche, en se désagrégeant, prend des formes très-pittoresques, laissant sur les sommets des montagnes des piliers avec grottes et excavations qui imitent les ruines des anciens châteaux.

Je n'entrerai pas ici dans la description du grand nombre de roches porphyriques auxquelles se trouvent associés les porphyres précédents et avec lesquelles ils alternent souvent plusieurs fois dans une même montagne. Je citerai seulement un porphyre amphibolique que j'ai rencontré dans ce même terrain, dans différentes localités, formant des couches assez régulières et étendues. La pâte de ce porphyre est d'un gris plus ou moins foncé et quelquefois presque noir; les cristaux sont grands, noirs, luisants, et présentent souvent dans leur cassure intérieure le clivage du pyroxène. **Porphyre amphibolique.**

Enfin, parmi les roches principales du même terrain, il faut compter : 1° les brèches et tufs

porphyriques, 2° des roches à structure compacte ou terreuse, schistoïde.

Brèches et tufs porphyriques. Les brèches se montrent à différents étages du terrain : tantôt elles alternent avec les porphyres et roches compactes, tantôt elles ne font que former la croûte superficielle de la montagne, et d'autres fois on les trouve adossées contre les porphyres à leur contact avec la roche soulevante. Mais il y a une grande variété dans la composition de ces brèches. Les unes se composent de gros fragments anguleux de ces mêmes porphyres qui entrent dans la composition du terrain; de sorte qu'il arrive qu'un bloc, tombé du haut d'un escarpement inaccessible, présente une collection complète d'échantillons de tous les porphyres qui composent cette montagne. D'autres brèches, beaucoup plus variées dans leurs couleurs, ne renferment que de petits fragments de porphyres mélangés de morceaux de roches compactes, de divers fragments de schistes, de pierre lydienne, de jaspes verts et rouges, et tout cela réuni par une pâte grise porphyrique. Les fragments de toutes ces roches devenant très-menus et la pâte plus facile à se désagréger, on a des tufs porphyriques, dont on voit quelquefois des couches aussi considérables que celles de brèches et porphyres.

Je n'ai encore que peu examiné les roches compactes ou à structure terreuse, qui ont l'apparence de roches homogènes et qui, en général, ne composent qu'une partie peu considérable du système. On n'y trouve pas de schistes à feuillets minces, ni de schistes argileux semblables aux ardoises, ni de grès ou marnes schisteuses. On n'y trouve non plus ni roches basaltiques, ni

laves modernes. Quelques variétés de porphyres ressemblent aux trachytes, mais je ne vois pas encore assez de motifs pour les nommer ainsi. Grand nombre de roches compactes paraissent être des porphyres dont les cristaux sont très-petits, indiscernables à la vue. Il y en a qui ressemblent aux phonolites et se trouvent en partie attaquables par les acides. D'autres roches ont un grain excessivement fin, une structure terreuse, et présentent des dendrites dans les fractures comme les marnes argileuses.

Végétaux fossiles.

Je n'ai jamais trouvé de débris organiques du règne animal dans cette partie du terrain où prédominent les porphyres stratifiés; mais il n'est pas rare de rencontrer dans des roches qui alternent avec ces derniers, et surtout dans des espèces de tufs porphyriques, bréchoïdes, des empreintes végétales et des troncs de bois silicifiés et carbonisés. Je vais citer deux localités où j'ai eu l'occasion d'examiner en place des dépôts de ces végétaux fossiles au milieu d'un terrain à porphyres et brèches stratifiés.

Une de ces localités est la montagne nommée Los Favellones, située près de Peuco à 18 lieues au sud de Santiago. Le terrain stratifié a ici plus de 500 mètres d'épaisseur, et il s'appuie sur les masses granitoïdes de la grande vallée de Santiago. Il se compose, vers sa partie supérieure, de porphyres à noyaux de quartz et de calcédoine, et de porphyres à noyaux zéolitiques qui alternent avec des couches de 2 à 3 mètres d'épaisseur, de brèches et tufs bréchoïdes. Les roches compactes et terreuses sont très-rares et ne forment que des lits de quelques pouces d'épaisseur. Les fossiles végétaux se trouvent dans un banc de tufs bréchi-

formes d'environ 2 mètres de grosseur, situé près du sommet de la montagne et composé de tout petits fragments porphyriques et compactes, réunis par une pâte grise, grenue, faciles à se désagréger. On y rencontre des troncs d'arbres de 0m,1 à 0m,2 de diamètre, couchés dans la direction des couches, en partie silicifiés, en partie carbonisés. On en voit dont le ligneux est silicifié, et l'intérieur, ou la moelle, transformé en jayet ou bien en un charbon léger et poreux, comme du bois récemment carbonisé.

Un autre endroit où j'ai rencontré un dépôt de végétaux fossiles, semblable au précédent, se trouve vers la latitude de Santiago, sur la rive gauche du Rio Colorado, près du mont Aucayes. Le terrain se compose de roches schisteuses, jaunâtres, à structure terreuse, et de brèches porphyriques à fragments de grandeur moyenne. Les couches de schiste ont 1 à 2 mètres d'épaisseur, et celles de brèches sont 3, 4 ou 5 fois plus épaisses que les précédentes. Tout le système se trouve recouvert de bancs de porphyres, parmi lesquels on distingue une variété d'un gris foncé avec de gros cristaux d'amphibole noire. Les bois fossiles et leurs empreintes se trouvent dans les brèches et non pas dans les roches compactes, homogènes. Les troncs d'arbres gardent diverses positions, et sont en partie silicifiés, en partie changés en jayet; ils sont presque toujours aplatis.

J'ai ouï dire qu'on a trouvé de semblables dépôts de débris végétaux dans plusieurs endroits en voisinage de la même montagne, mais que nulle part on n'a vu s'améliorer la qualité du combustible, ni augmenter sa quantité (1).

(1) Le charbon de terre qu'on exploite actuellement

Tels sont les principaux caractères des roches qui constituent le terrain secondaire des Andes, lorsque les porphyres y prédominent, à l'exclusion des couches calcaires, arénacées, ou des schistes siliceux qui, dans le nord, renferment ordinairement des coquilles, et qui, par cela même, rendent ce terrain plus facile à étudier. Voyons maintenant comment distinguer la plupart de ces roches, de certains porphyres et masses porphyroïdes qui se trouvent en voisinage ou en contact avec elles, et qui appartiennent au second groupe, c'est-à-dire au système de roches soulevantes.

Roches soulevantes.

Pour définir ces dernières, je leur assignerai d'abord, pour caractère négatif, l'absence de tous les minéraux zéolitiques, des jaspes et des calcédoines, que nous avons mentionnés à l'article des porphyres secondaires. Nous observerons ensuite que ces roches ont ordinairement une structure plus ou moins granitoïde, et passent aux diorites ou porphyres dioritiques, qui contiennent souvent en même temps de l'amphibole vert ou noir, en cristaux minces ou rayonnés, et du mica en petites paillettes. Le feldspath est tantôt lamellaire, constituant la masse principale de la roche, tantôt en cristaux larges, à structure terreuse, accompagnés d'amphibole et de mica, au milieu d'une pâte feldspathique. Je ne me rappelle pas avoir jamais vu de mica dans les porphyres stratifiés du premier groupe.

au Chili, pour les besoins des bateaux à vapeur récemment établis sur la côte de l'océan Pacifique, provient de Concepcion. C'est une espèce de lignite de très-bonne qualité. On le trouve dans le terrain de la côte, au bord de l'Océan, dans des couches qui probablement appartiennent à l'époque tertiaire; mais je n'ai pas encore visité cette partie du Chili.

Roches d'injection.

La difficulté de reconnaître certaines de ces roches soulevantes augmente surtout lorsque ces roches apparaissent au milieu des couches mêmes de porphyres stratifiés, formant des couches-filons, sorties par *injection* par des fentes et déchirements latéraux. Quelquefois, dans ce cas, on reconnaît la roche d'injection au premier coup d'œil, autant par l'aspect extérieur et la forme de la couche que par la place qu'elle occupe relativement aux dislocations qu'a subies le système. Ces cas ne sont pas rares dans les Cordillères. J'en citerai, par exemple, un que j'ai observé sur la montagne Cerro de los Monos, située dans un groupe de montagnes, entre les vallées de Maypo et de Rio Colorado, près des mines d'argent de San Lorenzo (*fig.* 1, *Pl. I*). Tout le corps de la montagne se compose de porphyres stratifiés à rognons de quartz et de calcédoine, de porphyres zéolitiques, de brèches, etc. Les plans de stratification plongent à l'est et gardent un parallélisme presque parfait. Seulement, sur une des pentes de la même montagne, du côté sud-ouest, on voit tout le système de stratification coupé et interrompu par une couche presque horizontale, d'environ une demi-lieue de longueur, qu'on distingue de loin, à cause de la couleur blanchâtre de la roche qui la constitue, et de ses divisions prismatiques verticales, qui contrastent avec les plans de stratification. Les strates interrompus se retrouvent immédiatement au-dessous de cette couche horizontale, mais non pas sur leur prolongement. Tous les plans de stratification sont descendus et rabaissés de toute la largeur de ladite couche, en gardant leur parallélisme : de sorte que l'ensemble du système se présente comme si la partie supé-

rieure de la montagne se fût détachée de sa base, et soulevée d'un côté pour donner passage à la roche d'injection. En examinant de près cette roche, on la trouve granitoïde, dioritique, renfermant du mica, et tout à fait différente de celles qui composent le terrain stratifié. Un peu plus au sud, on retrouve la même roche de l'autre côté de San Lorenzo, formant déjà des masses de montagnes non stratifiées, et passant aux diorites de San Graviel.

Un des phénomènes qui méritent d'être cités, et qui aident aussi à reconnaître la présence de la roche soulevante, consiste dans la modification qu'éprouvent dans leur structure certaines roches du terrain stratifié, au contact ou au voisinage des roches de soulèvement. On observe effectivement que certains porphyres, brèches porphyriques et beaucoup d'autres roches stratifiées, en s'approchant de la masse soulevante, perdent leurs divisions par strates et se transforment souvent en roches que les gens du pays appellent *tofos*. On reconnaît ces roches de très-loin par leurs couleurs blanches, bigarrées en différentes nuances de jaune, de rouge et de brun noir. Les *tofos* ne sont, dans le plus grand nombre de cas, que des véritables kaolins à structure terreuse; d'autres fois, ils sont compactes, caverneux, âpres au toucher. Il arrive quelquefois que la substance se compose presque entièrement de silice, et ne contient que 4 à 5 p. 100 d'alumine, avec quelques millièmes de chaux et de protoxyde de fer; elle forme alors une roche semblable à l'*hornstein* des allemands. Cette roche est connue dans le pays sous le nom de *pedernal*, et on l'emploie souvent avec succès pour faire les soles des fourneaux. Les bigarrures de couleurs proviennent de ce que souvent la roche du contact, étant

Modification qu'éprouvent les couches secondaires au voisinage des masses soulevantes.

imprégnée de py ite de fer, qui s'y trouve disséminée en particules excessivement petites, la pyrite se décompose à l'air, le fer passe par différents degrés d'oxydation, et la roche devient alunifère. C'est aussi dans ces montagnes blanches et arides que les Indiens vont chercher leur *polcura* (alun natif), dont ils se servent pour la teinture de leurs vêtements, et qui rend les eaux de ces parages souvent vitrioliques. Il n'est pas rare de trouver dans de pareilles localités tous les passages d'un porphyre feldspathique au kaolin, ou bien des *tofos* qui conservent quelques traces de la structure des brèches dont ils tirent leur origine.

Je dois seulement ajouter que cette apparition de *tofos* n'a lieu que rarement dans la première ligne du contact des deux groupes de terrains du côté de l'Océan, et fréquemment dans les endroits où la roche soulevante perce pour la seconde ou la troisième fois le même terrain stratifié. Cela explique pourquoi les montagnes de *tofos*, qui donnent un aspect si sec et si sauvage à certaines parties des Cordillères, se trouvent dans les points les plus accidentés du système.

Avant de passer à la seconde partie de ce mémoire, où je traiterai des filons, je vais encore jeter un coup d'œil rapide sur le rôle que jouent dans la configuration générale du pays les deux groupes de terrains I et II.

Influence de la nature des terrains sur la configuration extérieure.

On distingue ordinairement dans ce pays deux chaînes de montagnes, savoir : la Première-Chaîne ou les Cordillères de la côte (Primer-Cordon, Cordillera de la costa, Cordillera baja), et les Andes proprement dites (los Andes, Cordillera alta). Celles-ci consistent en roches du premier groupe (I), portées par une partie de

celles du seconde groupe (II); tandis que la première chaîne se compose entièrement de roches du second groupe. Ces deux chaînes se trouvent séparées à partir de la côte de Chacabuco (qui est à une dizaine de lieues de San Felipe de Aconcagua, sur le chemin de cette ville à Santiago), par une large vallée de plus de deux cents lieues de longueur, et qui court au sud jusqu'au delà de Concepcion et de Valdivia. C'est la vallée dans laquelle se trouvent bâties la capitale Santiago et beaucoup de villes départementales, comme Rancagua, San Fernando, Talca, etc.: c'est aussi la partie la plus cultivée, la plus fertile et la plus riche du Chili. Tout le pays de la côte, situé à l'ouest de cette vallée, présente, même à l'extérieur, le caractère de montagnes granitoïdes: des montagnes aplaties, arrondies, ne portant pas de traces de stratifications, des vallées larges et évasées, des plateaux couverts de détritus granitiques et quelques bassins tertiaires. Maintenant, à l'est de ladite vallée, s'élève une chaîne d'escarpements qui, à une certaine hauteur, présentent des ondulations d'un système de roches stratifiées, surmontées par des sommets couverts de neiges perpétuelles.

Pour rendre plus visible cette disposition générale du système et de la configuration extérieure qui en résulte, j'ai donné (*fig.* 2) une coupe transversale des deux groupes de terrains à la latitude de Rancagua, avec l'indication de quelques hauteurs que j'ai mesurées, au moyen d'un bon baromètre de Gay-Lussac. Je dois avertir que le second percement du terrain stratifié par les roches granitiques et les montagnes Cerro-Colorado et le Rincon de los Mineros, que j'ai placé dans la même

coupe, se trouvent à une huitaine de lieues plus au sud que la vallée du Cachapual, dont j'ai tracé la ligne de l'écoulement des eaux. J'ai visité ces localités en entrant par cette dernière vallée, et puis tournant au sud-est par le Rio de los Cypreses, j'ai remonté ce dernier torrent jusqu'à la hauteur de 1606 mètres au-dessus du niveau de la mer. C'est à peu près à cette hauteur que ledit torrent sort de dessous des glaciers qui ont en bas plus de 100 mètres d'épaisseur, et qui descendent du haut de la montagne Rincon de los Mineros. Les glaciers se trouvent abrités des côtés de l'est, du nord et de l'ouest par de très-hautes montagnes escarpées, et par cela même s'y conservent toute l'année, quoique bien au-dessous de la région des neiges perpétuelles.

J'ai aussi ajouté, à la coupe précédente, une autre figure (*fig.* 3) qui représente la manière dont se trouvent taillés certains escarpements des dernières couches secondaires qui descendent à l'ouest, en s'appuyant sur les masses granitoïdes ou porphyriques du second groupe. La forme de ces pentes ressemble à celle des pentes de différents étages du terrain tertiaire qui composent les doubles et triples vallées du voisinage de la côte.

Voyons maintenant dans quel rapport se trouvent les filons métallifères, extrêmement variés dans leurs productions, avec toutes ces roches que je viens de signaler, considérées soit isolément, soit dans leur ensemble.

J'ai déjà indiqué dans mon Mémoire sur les amalgames natifs du Chili (1), de quelle manière se trouvent distribués les filons métallifères sur la

(1) *Ann. des mines*, 3e série, tome XX, p. 255 et suiv.

pente occidentale des Cordillères du Chili. Je vais développer ces premières notions et leur donner plus de clarté et de précision.

En général, les filons d'or et de cuivre appartiennent au second groupe (II); ceux d'argent, de cuivre argentifère, de sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures d'argent, au premier (I). En subdivisant celui-là en roches plus anciennes (A), et en roches soulevantes (B), on trouve les filons d'or plus à la côte, au milieu de montagnes granitiques (A), et les filons de cuivre (non argentifère et sans antimoine ni arsenic) dans les diorites, porphyres dioritiques, eurites, etc., qui composent le groupe (B), au voisinage du terrain soulevé. De même, en observant la manière dont se trouvent disposées les diverses mines d'argent de ce pays, on voit que les chlorures et les amalgames natifs se rencontrent près de la principale ligne du contact des deux groupes (I) et (II) du côté de la mer; que plus à l'est on voit apparaître les arséniures et sulfo-arséniures, cuivreux et argentifères, et encore plus près des Cordillères, les cuivres sulfurés argentifères, le plomb sulfuré, les blendes et pyrites argentifères, etc. (1). Le mercure se rencontre tantôt dans les filons du second groupe, associé à l'or et au cuivre, tantôt dans ceux du premier, associé à l'argent. Dans le premier cas, il ne se montre qu'à l'état de sulfure ou de chlorure, et dans le second, à l'état d'amalgame.

Cette loi générale n'est exacte qu'autant qu'elle s'applique aux principales mines du Chili, c'est-

(1) J'ai déjà dit dans le même Mémoire sur les amalgames que lorsque tous ces minerais d'argent se trouvent dans un même filon, on les voit répartis à peu près dans le même ordre en procédant de haut en bas.

à-dire à celles qui se distinguent soit par l'abondance, soit par la richesse des minerais, et dont les filons sont nommés par les mineurs *vetas reales* (véritables filons). Ce nom effectivement leur est dû, parce qu'ils ont toujours une longueur et une largeur considérables, et par cela même, ils diffèrent des veines, *guias*, qui souvent s'écartent de ladite loi et présentent des anomalies inexplicables.

Pays situé entre Huasco et Copiapo.

Pour rendre plus sensible et plus facile à comprendre la disposition générale de ces filons, je vais passer en revue les principales mines de ce pays, en commençant par le Nord.

Prenons d'abord les montagnes situées au nord de la vallée du Huasco. C'est la partie du Chili la plus riche en mines d'argent; mais, en même temps, on y trouve des mines très-importantes de cuivre, d'or, etc. C'est ici que se trouvent les mines de cuivre du Carrisal, qui, de toutes les mines de cuivre du Chili, sont peut-être les plus abondantes en minerais (1), et dont les déblais donnent plus de 7 à 8 p. 100 de cuivre. Les mines se trouvent à peu près à 7 lieues de la côte, dans une roche dioritique, tandis que les mines d'or, entre autres celle de Capote, célèbre dans le temps par la richesse de ses minerais, sont presque au bord de la mer. Les masses granitoïdes s'étendent sur cette côte à plus de 15 lieues de l'ouest à l'est, et renferment grand nombre d'anciennes mines d'or et de cuivre abandonnées, tandis que 700 mineurs travaillent actuellement aux mines d'argent situées dans les premiers escarpements du terrain secondaire qu'on aperçoit sur les flancs de la montagne

(1) Ces minerais ne contiennent ni argent, ni arsenic, ni antimoine.

de Chañarcillo, et qui produisent de nos jours plus de 80.000 marcs d'argent par an. Les filons de ces mines abondent en chlorures, et ne commencent à produire des minerais arsénio-sulfurés qu'à une profondeur d'environ 100 *estados* (170 mètres) au-dessous les affleurements les plus élevés. Maintenant si l'on se dirige plus à l'est, on trouve que d'autres mines d'argent du district de Copiapo, comme celles de Punta Brava, San Antonio, et qui sont plus rapprochées des Cordillères que les précédentes, donnent principalement des minerais arséniurés et des cuivres argentifères. Celles enfin qui se trouvent encore plus à l'est et au-dessus des précédents, comme les mines du Cerro Blanco, produisent des cuivres gris, de la galène et des pyrites en abondance.

Pays situé entre Huasco et Copiapo.

Passons maintenant au sud de la vallée de Huasco, et embrassons tout le pays compris entre cette vallée et celle de Coquimbo (environ 60 lieues du nord au sud, et 30 à 40 lieues de l'est à l'ouest). A une distance de la mer, à peu près la même que les mines du Carrisal, nous trouvons dans cette partie de la côte deux groupes de filons de cuivre qui constituent les mines de San Juan et de la Higuera, dont on exporte plus de 100.000 quintaux de minerai brut (tenant de 20 à 25 p. 100), et qui, en outre, alimentent grand nombre d'usines au Chili. Les minerais de ces mines, comme ceux du Carrisal, se composent de cuivre pyriteux et oxydé, et leur roche encaissante consiste en diorites. Outre ces mines de cuivre, il y en a d'autres de même nature, non loin de la côte, comme celles du Morado de San Antonio, de los Choros, etc. Les filons d'or paraissent être moins fréquents que dans le sud; on en voit quel-

ques-uns sur la côte granitique de Coquimbo, mais en revanche, toute la ligne de premiers escarpements qui indique le contact de deux groupes de terrains (I et II), et qui constitue une chaîne de montagnes depuis Arqueros jusqu'au delà de Agua Amarga, a été reconnue comme présentant des filons qui renferment de l'argent chloruré et de l'argent à l'état natif ou d'amalgame. C'est en suivant cette ligne que le géologue mineur rencontre à chaque pas des objets qui attirent son attention.

Je citerai, comme un des points très-intéressants sur cette ligne, un endroit situé à 7 lieues au sud-est de Vallenar (chef-lieu du département du Haut-Huasco). On y voit deux montagnes allongées parallèlement à la direction des Cordillères, et situées l'une vis-à-vis de l'autre. Celle qui est du côté de l'Océan se nomme Cerro de los Camarones, et se compose d'une masse dioritique non stratifiée; l'autre, du côté de l'est, beaucoup plus élevée que la première, est le Cerro de Agua Amarga, et présente tout le système de roches stratifiées, calcaires et siliceuses, quelques-unes fossilifères, dont les couches plongent à l'est. Une vallée large et évasée, couverte de détritus, de blocs et pierres roulées, sépare ces deux montagnes et cache le contact des deux groupes de terrains. Or, en se plaçant au fond de cette vallée, on aperçoit d'un côté, sur la pente dioritique du mont de los Camarones, d'énormes déblais verts et bleuâtres, provenant des mines de cuivre; et de l'autre côté, toute la pente occidentale du mont Agua Amarga criblée de trous et couverte de tas de déblais rougeâtres de *los pacos*, d'anciennes mines d'argent. Effectivement, si l'on

monte sur la première de ces deux montagnes, on y trouve un filon de cuivre de 2 à 4 mètres de largeur, et long de plus de 800 mètres, courant du sud-est au nord-ouest, accompagné de deux autres moins considérables parallèles au premier. Les minerais de ces filons ne contiennent ni argent, ni arsenic, ni antimoine, et se composent de cuivres oxydé, pyriteux et panaché, qu'on traite dans des fours à réverbère construits à l'entrée de la mine. Passant maintenant à la montagne de Agua Amarga, on la trouve traversée par de nombreux filons d'argent, dont quelques-uns courent du nord au sud, d'autres de l'est à l'ouest. Cette montagne, jadis célèbre par la richesse de ses minerais, renferme plus de 200 mines abandonnées, dont les déblais joints aux ruines d'anciennes habitations présentent un tableau qui ressemble à une ville incendiée. Les pierres de ces déblais et les minerais de quelques filons, qu'on exploite encore au pied de la montagne, n'annoncent que la présence du chlorure d'argent mélangé d'une petite proportion de sulfure d'argent et d'argent métallique, sans la moindre trace de cuivre; tandis que d'autres mines, situées un peu plus à l'est, comme celles de Carriso et de Tunas abondent en minerais arséniés, arsénio-sulfurés, et les filons qu'on rencontre plus haut, en allant vers les Cordillères, sont excessivement riches en sulfure de plomb.

J'ai déjà décrit, *Annales des mines*, 3e série, t. XX, p. 255, le gisement des amalgames natifs d'Arqueros, dont les filons se montrent sur la même ligne de contact des deux terrains que lesdites mines de Agua Amarga. Je rappellerai seulement qu'à l'ouest d'Arqueros, du côté de la mer,

on voit, dans les roches dioritiques granitoïdes, des mines d'or de Santa Gracia et celles de cuivre de Villador, qui ne produisent que des minerais oxydés ou du cuivre pyriteux sans argent; tandis qu'à l'est de ce même Arqueros on rencontre les cuivres gris et les galènes, dans les mines de la Marqueza, de los Porotos, de Machetillo, etc.

Pays situé entre la vallée de Coquimbo et celle de Aconcagua.

Il n'est pas moins facile d'apercevoir la même relation entre la nature des filons et les deux groupes de terrains dans tout le pays situé entre la vallée de Coquimbo et celle de Aconcagua ou de Quillota, sur une étendue d'environ 100 lieues du nord au sud. Ici le terrain granitique de la côte prend de plus en plus d'extension à l'est, à mesure qu'on s'avance vers le sud; le terrain stratifié se trouve repoussé vers les Cordillères; les roches calcaires et siliceuses de Chañarcillo et de Agua Amarga y manquent; des couches fossilifères ne se montrent que près de la ligne des faîtes, et les porphyres stratifiés prédominent. Aussi, à mesure qu'on s'avance au sud, le nombre des mines d'or augmente, et celles-ci s'éloignent de la côte; les mines d'argent chloruré manquent, et celles de cuivre argentifère sont plus abondantes que dans les provinces du Nord.

Ainsi, en allant par le chemin qui conduit de Coquimbo à Valparaiso et qui passe par Barrasa, en longeant la côte, on voit les mines d'or de Talca de Barrasa, au bord même de l'Océan; plus loin, les filons d'or de las Amolanas, les filons et sables aurifères de Casuto, où se trouvent actuellement les *lavaderos* les plus riches du Chili (à 2 lieues de la mer); viennent ensuite d'autres filons d'or anciennement exploités, dont quelques-uns, comme celui de la Punta de la Ballena,

descendent jusqu'à la mer; puis des anciennes mines et *lavaderos* de Catapirco, etc. En un mot, toute la côte granitique est aurifère, et on ne trouve sur cette première ligne de filons aucune mine de cuivre, aucune trace de minerais cuivreux; mais comme le même terrain aurifère s'élargit en allant au sud, on rencontre à l'est de cette première ligne, et plus dans l'intérieur, d'autres filons d'or de beaucoup d'importance, comme, par exemple, ceux de Punitaqui, de las Vacas, de los Hornos, de Illapel, de Petorca, etc. Or, comme la plupart de ces mines se trouvent déjà rapprochées du contact de ce terrain granitoïde avec les roches stratifiées, il en résulte qu'au milieu de ces groupes de filons aurifères on rencontre déjà des filons de cuivre. Ces derniers sont toujours plus modernes que les précédents; quelques-uns sont en même temps aurifères, mais ils ne renferment que des minerais oxydés et des cuivres pyriteux, panachés et oxysulfurés, sans argent, ni arsenic, ni antimoine.

Parmi les mines de cuivre de cette espèce, le premier rang appartient à celles de Tamaya, où j'ai vu, il y a quelque temps, dans une seule mine appartenant à MM. Solar, plus de 1000 caissons (64.000 quintaux) de minerais de cuivre (de 32 à 36 p. 0/0 de loi), triés et concassés. Les mines de Tamaya se trouvent à peu près à la même distance de la mer que les mines ci-devant mentionnées de la Higuera, de San Juan et du Carrisal. A la même distance, et à peu près sous le même méridien, on rencontre celles de Tambillos, de Panucillo, de Punitaqui et d'autres qui s'éloignent de la côte en se rapprochant du terrain stratifié, comme sont les mines de los Hornos, de las Palmas, etc.

Maintenant dès qu'on dépasse la ligne du contact des roches granitiques et porphyriques non stratifiées avec le terrain de porphyres stratifiés, on remarque que tous les filons de cuivre qui traversent ces derniers sont plus ou moins argentifères, et la plupart d'entre eux renferment du cuivre gris, de la galène et de l'arséniure de cuivre. C'est à cette seconde chaîne de filons cuivreux, appartenant au terrain secondaire, que se rapportent les mines de Rapel, grand nombre de mines du département de Combarbala, celle de Catemo, etc.

Pays situé au sud de la vallée de Aconcagua.

Enfin si l'on parcourt les provinces situées au Sud de la vallée de Aconcagua, en partant de la côte de Chacabuco, où commence cette longue vallée qui sépare les deux groupes de terrains, on voit que tout le pays granitique compris entre ladite vallée et la mer est rempli de mines d'or, et que les mines d'argent et de cuivre argentifère ne s'exploitent qu'au-dessus des escarpements de ces roches stratifiées qui constituent la haute chaîne des Andes, placée à l'est de la vallée.

Effectivement, dans un rapport fait par une commission nommée pour visiter les mines en 1803, du temps de l'administration espagnole, on fait mention de 175 mines d'or, seulement dans les départements de Melipilla, de Rancagua et de Colchagua. Ces mines se trouvent comprises dans les montagnes granitiques de Alhüc, de Nancagua (Cerro de las Catas), de Durazno, de Carren, de la Leona, etc. On vient de découvrir de très-riches sables aurifères aux environs de Casa Blanca et de Valparaiso, et il y a un grand nombre de mines d'or abandonnées dans les provinces de Maule, de Concepcion et de Valdivia.

Dans le même groupe de terrain granitique, près de la vallée de Rancagua, on exploite actuellement quelques mines de cuivre oxydés et pyriteux, non argentifères, de la même nature que ceux de la première chaîne de filons cuivreux du Nord; tandis qu'à l'est de la même vallée on ne rencontre, dans le terrain stratifié, que des filons dont les minerais renferment des arséniures de fer et de cuivre, avec de l'argent métallique, de l'argent rouge arsenical, des cuivres gris, des sulfures doubles d'argent et de cuivre, etc.; tous les filons découverts jusqu'à présent, soit dans les montagnes situées à l'est de Santiago (mines de San Francisco en las Condes, mines de Adesa), soit dans celles de San Lorenzo et de San Pedro Nolasco, au sud-est de la capitale.

Telle est la loi générale qui embrasse dans son ensemble les principaux filons (vetas reales) du Chili, et qui ne paraît souffrir d'exception que pour des veines de peu d'importance, qui ont peu d'étendue, peu de régularité dans leur allure, ou qui ne donnent du minerai qu'aux affleurements. Mais il arrive des cas qui, à la première vue, paraissent exceptionnels, et qui rentrent dans la loi générale dès qu'on examine le terrain et qu'on sait distinguer les roches appartenant aux deux groupes ci-devant mentionnés. Ces cas d'anomalies apparentes proviennent ordinairement de deux causes : d'abord de ce que, dans certains points, quelques chaînons du premier groupe (I) dépassent à l'Ouest la principale ligne du contact des deux terrains et forment des îlots isolés au milieu des roches du second groupe (II); secondement, de ce que les roches stratifiées du premier groupe se trouvant, à différentes reprises, percées par les roches soulevantes du second,

Cas d'anomalies apparentes.

celles-ci s'apparentent avec les filons qui leur correspondent et non pas avec ceux du terrain secondaire. C'est ainsi qu'on exploite quelques mines d'or et de cuivre, semblables à celles de la côte, derrière les mines d'argent, et qu'on rencontre quelques filons argentifères au milieu de mines d'or et de cuivre.

Je vais prendre pour exemple la montagne de *San Francisco del Volcan*, située à plus de 40 lieues de la mer, et dans laquelle on voit reparaître les mines de cuivre semblables à celles de la côte au second percement du terrain secondaire.

Prenons pour point de départ le port de San Antonio, à l'embouchure du Rio Maypo, et dirigeons-nous, en remontant cette rivière, à l'est. Nous traverserons d'abord le groupe granitique dans toute sa largeur et nous passerons non loin des diverses mines d'or et des mines de cuivre d'Altagua, dont les filons sont de la même nature que ceux de Tamaya, de la Higuera, du Carrisal, etc. Ensuite nous arrivons à la grande vallée longitudinale de Santiago, et après l'avoir traversée dans la direction nord-est, nous entrons dans la seconde chaîne des Cordillères, celle des Andes proprement dites (*fig.* 4), près de San Juan, où commence le grand canal qui arrose les plaines des environs de la capitale. Au pied de cette chaîne on trouve encore la roche granitoïde, dioritique, et des eurites en masses non stratifiées; mais bientôt, à deux ou trois lieues plus haut, avant qu'on arrive à l'embouchure du Rio Colorado, on se trouve au milieu du terrain stratifié, redressé et plongeant à l'est. Au confluent de cette rivière avec le Maypo on est en face des montagnes de San José, qui présentent un système de stratifica-

tion en couches parfaitement régulières, parallèles; composé de porphyres, brèches et roches compactes schisteuses, secondaires. Toute la vallée de Maypo, depuis cet endroit jusqu'à Ingenio (7 à 8 lieues de longueur), est creusée dans le même terrain, et fait voir que tout le système, malgré les failles et ondulations accidentelles, plonge d'abord légèrement à l'est (*fig.* 5), et puis remonte, en plongeant en sens contraire, à l'ouest. Arrivé à Ingenio, on a à sa droite une montagne de plus de 2.000 mètres de hauteur, et au sommet de laquelle près de la région des neiges perpétuelles, se trouvent les mines d'argent de San Pedro Nolasco; tandis que de l'autre côté de la rivière, au nord, et presqu'à la même hauteur que les mines précédentes, on voit les mines d'argent de San Lorenzo de la même nature minéralogique et dans le même terrain de porphyres stratifiés que les mines de San Pedro Nolasco.

En continuant à s'avancer vers les Cordillères, on trouve dans la première montagne, que l'on rencontre au confluent du Rio del Volcan avec le Rio Maypo, et qui porte le nom de San Francisco del Volcan, des mines de cuivre, dont les filons ne produisent que des minerais oxydés mélangés de fer spéculaire, de cuivres pyriteux et panaché, sans contenir de traces d'argent, ni d'arsenic, d'antimoine ou de plomb.

Cette anomalie de la présence, au milieu des montagnes secondaires stratifiées, des filons qui ne se montrent ordinairement que dans la première chaîne, au milieu des masses granitoïdes de la côte, disparaît d'elle-même lorsqu'on examine le terrain que traversent lesdits filons de San Francisco del Volcan. Effectivement on reconnaît que

déjà depuis San Graviel, à une demi-lieue d'Ingenio, sur la rive droite de Maypo, sort de dessous les porphyres stratifiés une roche dioritique qui s'étend à peu près à deux lieues à l'est, constitue les masses non stratifiées qui se montrent aux confluents du Rio del Jeso et du Rio del Volcan avec le Maypo, et se replonge de nouveau sous les mêmes porphyres stratifiés de l'autre côté des mines del Volcan. Cette masse dioritique n'a pas beaucoup d'extension du côté du sud, mais elle se dirige à partir de San Graviel au nord, touche au mont San Lorenzo près des mines d'argent, et on voit de loin, dans la même direction, des masses de *tofos*, dont les teintes claires, blanches, rougeâtres, et l'absence de stratification, contrastent singulièrement avec les nuances sombres et noires des roches stratifiées. C'est la même masse qui a causé le redressement de tout ce terrain stratifié; et lorsqu'on descend de San Lorenzo par le chemin de San Graviel, on voit sur les flancs du mont San Graviel une belle coupe du contact des deux terrains, c'est-à-dire du soulèvement des strates porphyriques par la roche granitoïde non stratifiée (*fig.* 6). Si du haut de la montagne San Francisco del Volcan, on regarde les rochers qui s'élèvent de l'autre côté du Rio del Volcan, au confluent de cette rivière avec le Rio del Jéso, on aperçoit une autre coupe pareille à la précédente et dans laquelle on voit bien la manière dont cette roche dioritique replonge sous le même terrain stratifié et fait incliner les couches de ce terrain à l'ouest (*fig.* 7) (1).

(1) On remarque dans ces deux coupes, ce que j'ai eu l'occasion d'observer beaucoup de fois dans les Cordillères, que les couches du terrain stratifié perdent leurs divisions

Or la montagne de San Francisco, qui renferme dans son sein lesdites mines de cuivre du Volcan, est formée des mêmes diorites que le mont San Graviel et que les diorites de la côte, auxquelles se rapporte le gisement de la plupart des mines de cuivre de la première chaîne (comme celles de la Higuera, de San Juan, du Carrisal, etc.). A peu de distance de cette montagne, on n'a qu'à passer le Rio de Maypo qui la sépare de celle de San Pedro Nolasco, et on se trouve déjà dans le terrain de porphyres stratifiés, où les filons qui le traversent sont d'une nature minéralogique tout à fait différente de ceux du Volcan. La direction des principaux filons dans les deux montagnes est presque la même, ils courent à peu près de E. 15° N. à O. 15° S, et par conséquent, leurs directions ne se trouvent pas en rapport ni avec celle de la chaîne principale des Andes, ni avec la masse qui, dans cet endroit, avait disloqué le terrain. Tous les filons dans les porphyres stratifiés de San Pedro Nolasco sont argentifères et produisent, comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire, des sulfures doubles d'argent et de cuivre, des cuivres gris et des galènes; tandis que ceux de la montagne dioritique de San Francisco ne contiennent aucun de ces minéraux. Quelques filons de San Pedro Nolasco, comme ceux de Copacabana, del Cristo, del Ro-

---

avant de toucher à la roche soulevante; qu'elles se fondent pour ainsi dire dans cette dernière sans laisser voir la ligne de contact; et qu'enfin la masse soulevante s'élève presque verticalement et présente ordinairement les divisions prismatiques, quelle que soit la nature de la roche. On observe, au contraire, que la séparation des roches stratifiées d'avec la roche soulevante a lieu presque toujours d'une manière nette et tranchée, lorsque cette dernière sort latéralement, par voie d'injection, en déchirant les couches du terrain stratifié.

sario, affleurent sur les escarpements mêmes dans la vallée de Maypo, en face des mines du Volcan; et pendant que ceux-là produisent du minerai excessivement riche d'argent natif, mélangé d'argent sulfuré, on ne retire de celles-ci que du cuivre oxydulé, du cuivre pyriteux, mélangés de fer oligiste, de quartz, etc.

Dans un autre endroit, à une vingtaine de lieues au sud de San Pedro Nolasco, j'ai rencontré, au sommet de la Cordillère, nommée *del Teniente*, près de la limite des neiges perpétuelles, des mines de cuivre, dont le gisement présente un cas pareil au précédent. La roche soulevante transforme, dans cet endroit, une étendue immense de terrain secondaire en *tofos*; et, dans une roche bréchoïde, à moitié changée en kaolin, on voit un *amas métallifère* (stockwerk) composé d'une infinité de veines de minerai de cuivre, qui se croisent en tous sens, se coupent et reparaissent sans aucune régularité. Ici comme à Andacollo (1), les veines n'acquièrent jamais plus de deux pouces de largeur; les unes sont d'oxysulfure, d'autres d'oxydule de cuivre, et toutes, sans exception, se trouvent encaissées dans des salbandes de silicates bleus et verdâtres. On n'y trouve pas de pyrites, ni de cuivre pyriteux, ni de protosulfure de cuivre; on n'y trouve pas non plus du fer micacé, ni des oxydes de cuivre ocreux (ziegelerz); en un mot, tous les caractères de cet *amas* sont les mêmes que j'ai observés dans le gisement des minerais oxysulfurés d'Andacollo, dont les filons se trouvent à plus de 180 lieues de cette montagne *del Teniente*.

(1) Voir le mémoire sur les minerais oxysulfurés, etc., *Ann. des mines*, 3e série, tome XVIII, p. 75 et suiv.

NOTE,

Sur les mines et les fonderies du midi de l'Espagne (été de 1845).

Par M. PERNOLET, directeur des mines de Poullaouen.

Depuis quelques années, l'Espagne attire vivement l'attention des industriels qui s'occupent de mines. Mais si tout le monde connaît, pour leur richesse, les mines de houille des Asturies, les mines de mercure d'Almaden, les mines de cuivre du Rio-Tinto, les mines de plomb de la Sierra de Gador, les mines d'argent de la Sierra-Almagrera, etc..., ce n'est pas sous le rapport de l'art minéralurgique qu'on a coutume de les citer.

Cependant, j'ai eu occasion d'observer, en Espagne, des procédés dont la publication peut n'être pas inutile. Non-seulement ils offrent de l'intérêt pour l'histoire de l'art, mais j'attribue à plus d'un, une valeur absolue incontestable; d'autres me semblent être ingénieusement appropriés à des circonstances locales qu'on peut rencontrer ailleurs. Parmi ces procédés, les uns sont propres à l'Espagne, et datent peut-être de l'antiquité; les autres, récemment importés de l'étranger, sont peu connus en France, et j'ai cru qu'ils méritaient de l'être davantage.

J'ai trouvé les gîtes exploités eux-mêmes, plus dignes d'attention qu'on ne leur en accorde en France.

C'est particulièrement le midi de l'Espagne,

d'Alicante à Malaga, qui a donné lieu aux observations consignées dans les notes suivantes.

Constitution géologique du midi de l'Espagne.

La constitution géologique de cette contrée n'est pas inconnue; plusieurs mémoires, publiés dans les *Annales des mines* (1), en ont indiqué les traits principaux. Il serait à désirer que ces études intéressantes fussent complétées.

Considérée par rapport à l'art des mines, la géologie du midi de l'Espagne offre, sur une échelle immense, deux principaux exemples bien différents, mais également remarquables, d'une classe de gîtes métallifères peu connue; je veux parler des gîtes de galène, disposés dans le sens des couches.

Elle compte aussi des filons proprement dits, tout particuliers : un surtout, unique peut-être, moins encore par sa richesse que par la singularité de sa composition minéralogique.

Avant de décrire ces gîtes, je donnerai un aperçu de la constitution des terrains qui les renferment, non sans avertir que mon voyage, fait dans des vues purement commerciales, ne m'a pas toujours permis de soumettre à un contrôle suffisant les observations qui se sont trouvées à ma portée.

Micaschistes et schistes talqueux.

Les schistes micacés ou talqueux, d'un gris de perle, forment, presque exclusivement, la base de la région des mines que j'ai parcourue, de Carthagène à Malaga. Aux environs de Carthagène, il n'est pas rare de voir cette roche passer à une sorte de grauwacke schisteuse ou à un schiste argileux verdâtre. Fréquemment, la partie supérieure du micaschiste présente un produit de dé-

(1) 3e série, tomes V et XIX; 4e série, tomes II et IV

composition terreux et maigre, qui est employé, comme argile réfractaire, dans les usines du pays, sous le nom de *lagena* ou de *launa*. Cette terre prend une teinte lie de vin quand on l'humecte (1).

Les schistes sont presque partout recouverts sur l'un de leurs versants par de puissantes couches d'un calcaire compacte, bleu sombre, non fossilifère, à stratification mal déterminée, mais qui, dans leur ensemble, paraissent avoir participé aux principaux mouvements du terrain inférieur, dont on les distingue néanmoins de fort loin à leur profil abrupte, à l'âpreté de leurs contours et à leur couleur terne et sombre, tandis que le schiste se présente généralement avec des formes arrondies et, parfois, avec un éclat fatigant pour les yeux. Formation puissante de calcaire noir sans fossiles.

Schistes et calcaire forment, à eux seuls, la presque totalité des nombreux chaînons de montagne du pays : ils se montrent redressés de 30 à 40°, suivant des directions variables, mais peu éloignées de la direction E.-O., ou mieux encore de celle de la côte, c'est-à-dire E. 15 à 20° N. Direction des couches.

Fréquemment, la formation calcaire est bréchiforme. Je n'ai pas eu occasion de reconnaître si cette brèche occupait, dans l'étage calcaire, une position constante. Mais cette manière d'être ne doit pas être accidentelle, car, de Carthagène à Malaga, elle se montre partout. Cette brèche a cela de particulier, qu'on a peine à en distinguer la pâte, tant elle est rare. Brèche calcaire.

Près de Motril, j'ai observé une brèche analogue, sur le flanc d'une montagne calcaire, qu'à Calcaire et brèche dolomitiques.

(1) La lagena est aussi employée à couvrir les toits en terrasse des maisons du pays.

l'ensemble de sa manière d'être, je prenais, de loin, pour le calcaire bleu sombre; mais brèche et roche intacte se trouvaient, l'une et l'autre, à l'état de dolomie blanche, sur plus de 100 mètres de hauteur. De pareilles élévations et de bien plus grandes encore ne sont pas rares dans la formation calcaire dont il s'agit.

Conglomérat. Sur presque toute l'étendue de cette région schisteuse et calcaire, on rencontre un conglomérat essentiellement composé de fragments des deux roches dominantes. Mais de même que le calcaire n'existe pas toujours au-dessus du schiste, les fragments calcaires manquent quelquefois dans le conglomérat, qui s'étend dans la plupart des vallons en couches légèrement redressées.

Le conglomérat m'a paru partout indépendant des couches auxquelles il doit son origine; tandis que partout, au contraire, j'ai vu la brèche faire, en quelque sorte, partie constituante des couches calcaires, comme si les éléments qui la composent n'en avaient jamais été complétement séparés. Si cette brèche existait habituellement à la partie inférieure du massif calcaire, je la regarderais comme le résultat de l'écrasement de cette partie inférieure, à l'époque de la rupture et du redressement des couches.

Gypse en amas. Le gypse blanc saccharoïde, en amas, abonde dans toute la formation schisteuse et calcaire. Il se trouve habituellement dans le micaschiste, souvent au voisinage du calcaire. Mais j'en ai vu un gîte qui semblait devoir être complétement indépendant de cette roche, entre Adra et Motril, dans les schistes qui bordent la côte. Dans tous les cas, il est disposé de manière à donner à penser qu'il n'a été introduit au milieu du terrain encaissant qu'à la

suite d'une dislocation violente. On peut en juger par la coupe (*fig.* 1, *Pl. II*) prise un peu à l'ouest d'Almazarron, au lieu dit *el Cedacero*.

Formation tertiaire.

Toutes les parties basses de la côte, de Carthagène à Almeria, sont occupées par des formations tertiaires bien caractérisées, fort puissantes en plusieurs points, et çà et là riches en gypse stratifié. On y rencontre aussi des amas de cette substance, d'une structure toute particulière. Ainsi, dans une *rambla* ou lit de rivière à sec, j'ai remarqué, sur le chemin d'Almazarron à Aguilas, un peu avant d'arriver à la *Venta del Pobre*, des mamelons de gypse de 5 à 6 mètres de diamètre, entièrement composés de gros cristaux en fer de lance confusément entrelacés.

Gypse en fer de lance.

Terrain éruptif.

Un cône volcanique isolé et, non loin de là, plus au nord, un mont trachytique un peu allongé, du nord au sud, mais pareillement isolé, s'élèvent au milieu du terrain tertiaire qui forme la plaine (*el campo*) de Carthagène.

On voit, au sommet du mont trachytique (*el Cabezo de la Raja*, la Montagne Fendue), un gros bouton du grès et du schiste noir environnants, empâté, en morceaux anguleux, dans une roche blanche terreuse, que j'ai prise pour du kaolin, mais qui peut être de l'alunite, et qui paraît avoir été fort anciennement l'objet d'une exploitation à ciel ouvert, très-importante. C'est le vide cunéiforme résultant de cette exploitation, qui vaut à la montagne le nom qu'elle porte.

Basaltes et laves.

Aux environs d'Almazarron, petite ville située à une journée à l'ouest de Carthagène, on marche sur des nappes basaltiques importantes, et la marne blanche se montre percée en plusieurs points et recouverte par des scories pyroxéniques,

que l'on voit, en d'autres points, disséminées en morceaux et empâtées dans la marne à la partie inférieure de la couche. On dirait, ou bien que les épanchements de cette lave ont eu lieu au sein des eaux, au milieu desquelles la marne se déposait, ou bien que, venue au jour extérieurement, la lave a été remaniée par ces mêmes eaux.

Il paraît qu'au cap de Gate la formation volcanique s'est également fait jour au milieu du terrain tertiaire; mais elle y est bien plus développée, puisque, sur 7 lieues d'étendue, ce ne sont que trachytes, basaltes et laves, selon MM. Ramon Pellico et Amalio Mæstre (1).

Exploitations dans le trachyte.

L'excavation qui coupe en deux le mont trachytique des environs de Carthagène a 12 à 15 mètres de largeur à sa partie supérieure; elle règne dans le sens de la longueur du Cabezo, et va, en se rétrécissant, à la fois vers le N. et dans la profondeur, que les déblais ne permettent pas de mesurer.

J'ai peine à croire que cette exploitation ait eu pour objet un minerai métallique, car je n'ai pas pu trouver la moindre trace d'un minerai de ce genre, soit aux parois de l'excavation, soit dans les déblais qui en proviennent. Néanmoins il est hors de doute que le Cabezo de la Raja a présenté quelques minces veines métallifères, presque verticales, ayant la direction du méridien magnétique, allure qu'affecte aussi la fente qui divise en deux le sommet de la montagne. J'ai vu la trace ferrugineuse de quelques-unes de ces veines dans une galerie transversale, poussée du pied de la montagne jusqu'à 140 mètres dans l'intérieur, ce

(1) *Annales des mines*, 4e série, tome II, page 301.

qui semble devoir correspondre à l'aplomb de l'exploitation à ciel ouvert. Cet ouvrage est connu sous le nom de *Cérès y Amaltea*. La galerie a été creusée sur toute sa longueur, en plein trachyte, sans le secours de la poudre. On l'attribue aux Romains.

Quelques travaux noyés et plusieurs puits de grandes dimensions ouverts dans la plaine au milieu du terrain tertiaire, sur la direction des veines reconnues, autorisent à croire que les anciens ont attribué quelque valeur à ce gîte. Les mêmes espérances animent présentement le général Requena, non moins célèbre à Carthagène par son ardeur à remettre en honneur l'industrie minéralurgique de son pays, que par la fermeté et la présence d'esprit dont il a fait preuve pendant les derniers mouvements politiques qui ont agité cette ville, dont il avait alors le commandement. Je crains bien qu'il ne trouve pas, au Cabezo de la Raja, la récompense de ses efforts.

C'est quelque chose, sans doute, que d'avoir rencontré un petit nombre d'échantillons de galène tenant 2 1/2 millièmes d'argent; mais, à la profondeur où l'on est, une si mince trouvaille, au milieu de veines sans suite et sans épaisseur, me paraît bien peu encourageante pour reprendre des fouilles qui ont probablement pénétré jusqu'au niveau des nappes d'eau contenues dans le terrain tertiaire, eaux contre lesquelles il sera malaisé de se défendre. Je préférerais admettre, ou bien que ce n'était pas la galène que les anciens recherchaient, ou bien que, si attirés par quelques échantillons à teneur élevée ils ont aussi eu en vue la rencontre d'un gîte exploitable, l'insuccès de leurs recherches est prouvé par l'absence

de toute trace métallique dans les déblais qui entourent la montagne.

Assurément la certitude du succès manque toujours à qui se décide à entreprendre une recherche de mines, même lorsque les apparences les plus flatteuses sont offertes par les affleurements ; mais par cela même que dans ces sortes de travaux on est presque toujours forcé de livrer quelque chose au hasard, il semble prudent de tenir grand compte, quand on les possède, des indications que les travaux anciens peuvent seuls fournir, savoir la manière d'être d'une partie notable de la mine qu'on a en vue. Or, si ce n'est pas le minerai de plomb qui a été l'objet de l'exploitation à ciel ouvert du Cabezo de la Raja, cette exploitation a permis de reconnaître assez bien la montagne pour que les probabilités de l'existence d'un gîte de plomb exploitable y soient extrêmement petites. Si c'est du minerai de plomb, la forme de l'excavation me ferait regarder le gîte comme très-probablement épuisé.

A défaut d'indications puisées dans le gîte lui-même, l'analogie déduite de gîtes semblables est sans doute le guide le plus digne de considération. Or, à ne tenir compte que de ce point du vue, il faut reconnaître que les recherches du général Requena sont justifiées par la manière d'être du trachyte d'Almazarron.

Trachyte d'Almazarron.

Alunite.

Dans cette localité, canton volcanique bien moins étendu que celui du cap de Gate, mais où le trachyte est beaucoup plus développé qu'à Carthagène, il est accompagné d'alunite, qui a donné lieu à d'immenses excavations à ciel ouvert auxquelles on travaille encore et qui sont telles que je ne connais nulle part d'aussi vastes carrières.

Filons de galène.

On y exploite, en outre, de nombreux filons N.-S. généralement minces et irréguliers dans leur direction, comme dans leur pendage. Bien que le flanc des escarpements produits par l'exploitation de l'alunite montre quelques-uns de ces filons fortement arqués, de manière à présenter dans la hauteur deux pentes en sens inverse, pour une même veine, on peut dire que dans leur ensemble les filons d'Almazarron sont presque verticaux. Leur puissance varie de 1 à 15 décimètres. Le minerai qu'ils contiennent est de la galène argentifère. Cette galène, assez pure dans les parties minces des filons, où elle est généralement à grandes facettes, se montre à grain fin dans les parties puissantes, où elle est mélangée de blende et de pyrite qui se décomposent à l'air, se couvrent de sulfate de fer et prennent à la longue une vive teinte rouge. La blende et la pyrite forment les seules gangues que j'ai observées dans les filons d'Almazarron. M. Sauvage signale en outre, dans l'un d'eux (la Concession), la présence de la baryte sulfatée.

Dans les ouvrages neufs que j'ai visités je n'ai vu ni salbandes, ni ligne de séparation régulière entre le minerai et la roche encaissante : celle-ci était cristalline, verdâtre, sans fissure ni trace de stratification; sans être très-dure, elle est assez tenace pour ne venir qu'à la poudre. J'ai compté 10 restes de coups de mine, à la tête d'une galerie à un homme, ce qui représentait 2 postes de travail et un avancement de $0^{m},25$ environ.

Teneur des minerais.

Le *recio*, ou minerai de première qualité trié à la main, ne contient pas plus d'un tiers de galène. Ce ne sont que quelques morceaux généralement à grandes facettes, choisis sur les tas de recio, qui

donnent, à l'essai, de 0,54 à 0,65 de plomb. Le *garbillo*, minerai de seconde qualité, obtenu au moyen d'un criblage à sec, rend souvent moins de 10 p. o/o.

Les essais suivants, dont je dois la communication à l'obligeance de M. Charles Noir, ingénieur de la fonderie de Santa Lucia, près de Carthagène, peuvent donner une idée du degré de pureté et de richesse des minerais exploités à Almazarron.

NOM de la mine.	QUALITÉ du minerai.	PRODUIT par 100 kil.		ARGENT par 100 k. de plomb.
		Plomb.	Argent.	
		kil.	gram.	gram.
Carmen de los 8 hermanos.	Recio choisi.	65	260	400
	Recio et garbillo mêlés.	33	100	300
	Recio ordinaire.	33	80	240
	Garbillo.	8	40	500
Santa Anna. .	Recio ordinaire.	26	50	190
	Id.	25	45	180
	Garbillo.	17	45	265
	Id.	8,5	15	175
San Juan. . .	Recio choisi.	54	70	130
	Recio ordinaire.	14	40	285
	Garbillo.	8	30	375
Esperanza. . .	Recio choisi.	54	70	130
Verdad. . . .	*Id.*	60	120	200

On voit que la richesse en argent, des différentes qualités de minerais d'une même mine, ne suit pas la même loi que la richesse en plomb. Cela doit tenir, soit à l'existence, dans la même veine, de galènes inégalement riches, comme on verra des exemples dans la suite de ces notes; soit à la nature argentifère des gangues. L'inégalité des teneurs des trois qualités différentes de la mine San Juan semble particulièrement due à cette dernière cause.

Il y a là matière à recherches intéressantes.

La teneur élevée du Carmen de los 8 Hermanos est, de même, digne d'attention. Si ma mémoire ne me trompe pas, cette mine se trouve dans la partie la plus élevée du massif trachytique d'Almazarron, massif qui n'est pas homogène. Or, dans le Cabezo de la Raja, qui n'est peut-être que la tête d'un massif plus étendu, mais moins complétement éclos, si je puis m'exprimer ainsi, on a vu que la mine Cérès y Amaltea présente des veines dirigées N.-S., comme celles d'Almazarron, et qui ont donné du minerai de plomb ayant la même teneur en argent que la galerie du Carmen de los 8 Hermanos. Il serait curieux de rechercher si l'on doit regarder cette coïncidence comme fortuite, ou si elle est en rapport avec quelque circonstance géologique apparente.

Assurément, à ne considérer que la teneur en argent des 100 kilogrammes de minerai, tel qu'on l'emmagasine à Almazarron, on ne peut pas regarder comme riches les minerais des quatre dernières mines. Cependant, même en faisant abstraction du minerai du Carmen de los 8 Hermanos, qui est riche en tout pays, on ne doit pas, ce me semble, admettre, sans commentaire, l'opinion de M. Sauvage : « Que les filons d'Almazarron » doivent être exploités plutôt comme minerais » de plomb que comme minerais d'argent. »

En effet, les plus pauvres de ces minerais présentent une valeur *réalisable* notablement plus grande pour l'argent que pour le plomb, surtout en Espagne, où ce dernier métal n'a que les deux tiers de la valeur de celle qu'il a en France : aussi suis-je porté à croire que, pour des filons n'ayant ni puissance, ni continuité, et dans ce pays, où la rareté extrême de l'eau rend les préparations mé-

caniques si difficiles, un fondeur qui ne considérerait le minerai d'Almazarron que comme minerai de plomb, ne pourrait pas le payer à son prix de revient.

Mais, si au lieu de rapporter l'argent à la totalité du minerai brut, on le rapporte au plomb contenu, ainsi que je l'ai fait dans la dernière colonne du tableau, on voit que la teneur moyenne du plomb provenant des trois mines les plus pauvres est de plus de 2 millièmes; ce qui correspondrait à un minerai lavé, tenant plus de 1 millième d'argent. Une pareille teneur est satisfaisante; elle représente une valeur réalisable plus grande pour l'argent que pour le plomb, dans le rapport de 21 francs à 15 francs par 100 kilogrammes de minerai net, rendant en petit de 55 à 60 pour 100 de plomb.

Concluons que c'est moins par défaut de teneur en argent, que pèchent les minerais d'Almazarron, que par la difficulté des préparations mécaniques.

Exploitations des anciens.

La difficulté n'a pas dû être moindre pour les anciens, mais peut-être ont-ils rencontré des gîtes plus abondants et plus riches que ceux qu'ils ont laissés intacts: peut-être que la valeur plus grande de l'argent leur permettait un triage plus minutieux; toujours est-il que les exploitations de scories plombeuses récemment entreprises, non loin des mines d'Almazarron, permettent de croire qu'elles n'ont pas été sans importance jadis, tandis que, aujourd'hui, on ne paraît consacrer aux mines métalliques que le travail nécessaire à la conservation du droit de concession.

L'importance métallifère des trachytes du cap de Gate doit être médiocre, à considérer l'oubli

où on les laisse, dans un pays en proie à la passion des mines.

Toutefois, l'étude de ce canton me semblerait digne de quelque attention, comme pouvant contribuer à mettre sur la voie de la connaissance de la constitution géologique de toute la contrée qui nous occupe, si l'on regardait comme bien constatée la présence d'un filon de minerai de cuivre dans le porphyre (1) et l'existence de gîtes de galène pauvre en argent, et associée à du spathfluor, au milieu de quartzites enclavés dans les trachytes et les basaltes (2). On verra, en effet, plus loin, que la plupart de ces substances font partie essentielle des gîtes importants que nous avons à décrire.

Je me contente de rappeler ces indications qui me paraissent d'ailleurs manquer de précision et de certitude.

Les trachytes métallifères du midi de l'Espagne sont verdâtres, cristallins et tenaces dans les parties non décomposées. Ils jaunissent à l'air et prennent un aspect micacé. La description qu'on a donnée des trachytes amphiboliques de la Hongrie me semble leur convenir. **Caractère des trachytes.**

La présence de l'amphibole, qui est fort abondant en certains points, leur donne aussi certain air de parenté avec un porphyre d'un vert plus vif, que j'ai observé dans la Sierra de Carthagène, au voisinage de la mine de plomb Artesica, au centre d'une sorte de bassin allongé, dont le micaschiste et le calcaire forment les bords. Sur les flancs et au fond de ce bassin abondent des **Porphyre amphibolique.**

(1) *Annales des mines*, 3e série, tome XIX, page 226.
(2) *Idem*, 4e série, tome II, page 206.

minerais métalliques analogues à ceux que contiennent les renflements des filons d'Almazarron.

Ce porphyre existe en plusieurs points du pays. On le signale aux environs de Cuevas et de Vera (1), comme s'étant fait jour au milieu du schiste micacé et du calcaire qui le surmonte. Il importerait de s'assurer si cette roche appartient aux ophites qui ont été indiqués par M. Sauvage, comme constituant, dans la Murcie, de petites éminences, alignées à peu près de l'est à l'ouest (2).

Roche métallifère.

Je n'ai eu occasion d'observer le porphyre vert que dans la région des mines de Carthagène. Là, il se montre comme le noyau d'une formation métallifère, caractérisée par une roche compacte, sans apparence de cristaux, quelquefois grenue, souvent terreuse, variant du vert plus ou moins foncé, à éclat gras (Artesica, Lealtad), au jaune (el Descuidado) et au gris plus ou moins bleuâtre (Alianza, la Jardinera, etc.). Ce dernier aspect est le plus fréquent : c'est probablement celui de la roche que M. Sauvage désigne comme un mélange d'argile et de terre chloritée (3).

C'est toujours dans le schiste, jamais dans le calcaire, que j'ai observé ces roches.

Faute de savoir mieux dire, je les appellerai du nom commun de *roche métallifère* : parce que, en effet, quelles que soient les variétés de leur aspect, ces roches ont pour caractère commun d'être constamment métallifères, d'être accompa-

---

(1) *Annales des mines*, 4e série, tome II, page 293.

(2) Au San Spiritu. (*Annales des mines*, 4e série, tome IV, page 113.)

(3) Au San Spiritu. (*Annales des mines*, 4e série, tome IV, page 102.)

gnées des mêmes minéraux métalliques, et de se trouver semblablement placées, au fond d'un vallon qui court de l'O. à l'E., de Carthagène au cap Palos, sur une étendue d'une vingtaine de kilomètres, au milieu de schistes micacés ou talqueux, sur lesquels repose le calcaire non fossilifère.

La *fig.* 2 de la *Pl. II* est une coupe transversale de ce vallon, que je considère comme une immense crevasse produite par l'éruption du porphyre, au milieu du schiste et du calcaire. Sa largeur atteint en quelques points plusieurs centaines de mètres. C'est de la mine Artesica, située au centre de cette crevasse, dans le pétrosilex, au voisinage du porphyre, que la disposition du terrain m'est apparue telle que je la représente.

Distribution du minerai dans le bassin métallifère.

On trouve du minerai de plomb dans presque toute l'étendue de cette sorte de bassin; mais, rare dans le calcaire et dans la partie supérieure des schistes micacés, il ne manque presque nulle part, au sein, au contact ou au voisinage de la roche verte ou grise, qui forme la base du terrain soulevé.

La roche métallifère affecte l'allure des couches encaissantes, tout en étant sujette à des variations de puissance de 1 mètre à 10 mètres et plus.

La position de quatre mines marquées par des croix, sur la coupe (*fig.* 2), et mieux encore, l'aspect du bassin (dont les parties exploitées sont accusées par des déblais ferrugineux), montrent que la roche métallifère règne sur une grande puissance du terrain; mais ce que j'ignore, et ce qu'il importerait de connaître, c'est sa manière d'être sur toute cette étendue. Je serais porté à croire qu'elle n'y forme point une masse continue,

mais qu'elle s'y trouve disposée, sur plusieurs étages, en nappes irrégulières, intercalées dans la formation schisteuse.

En admettant cette hypothèse comme vraie, j'ignore si les différents étages de la roche métallifère sont reliés entre eux, et comment ils le sont.

Les Carthaginois et les Romains ont fouillé ce gisement dans toute son étendue, et les nombreux et importants dépôts de scories plombeuses qui existent tout autour, montrent qu'ils en ont tiré parti.

Minerai de fer. Une teinte ferrugineuse très-prononcée caractérise le bassin métallifère : elle est due, en grande partie, à des amas considérables de déblais antiques, provenant de roches généralement pyriteuses, mais aussi à des gîtes importants de fer oligiste compacte et de peroxyde hydraté, qui affleurent partout. Ces minerais se montrent, le plus communément, en couches intercalées dans le micaschiste, quelquefois en amas, à la base du calcaire et aussi (m'a-t-on assuré) en filons traversant schistes et calcaire, et venant aboutir aux couches et aux amas. Cette dernière manière d'être serait des plus intéressantes : elle m'a été indiquée par M. Caballero, ingénieur civil à Orihuela, qui m'a également signalé l'existence d'amas de fer carbonaté, associés à ces sortes d'épanchements ferrugineux.

Le croquis (*fig.* 3, *Pl. II*), pris à l'extrémité orientale du bassin métallifère, montre une couche de fer oxydé, reposant à découvert sur le micaschiste, et, plus loin, engagée dans cette roche, à stratification concordante, dans l'un comme dans l'autre cas.

En ce point, le minerai de fer offrait cette particularité qu'il contenait çà et là des amas d'une sorte de grès blanc à grain fin, purement quartzeux et d'une consistance médiocre, que j'appellerais quartzite, si je l'avais observé en masses plus abondantes. Ce quartz paraissait se fondre dans la masse ferrugineuse, ce qui lui donnait le plus grand air de ressemblance avec les parties pauvres du beau gîte d'hydroxyde de fer de Saint-Julien, où s'alimentent les hauts-fourneaux d'Alais (1).

Le fer oxydé est en outre assez ordinairement associé avec la roche métallifère elle-même. Dans cette position, je ne l'ai vu nulle part en masses importantes. Sa manière d'être est très-variée;

---

(1) La disposition du gîte de Saint-Julien a la plus grande analogie avec la manière d'être générale du bassin métallifère de Carthagène, seulement ce sont des roches d'un autre âge qui ont été soulevées et la roche soulevante ne paraît pas.

En outre, il existe une couche puissante de pyrite de fer compacte, à la base du terrain soulevé.

Il n'est pas rare de trouver des rognons de galène au milieu des hydroxydes de fer d'Alais, notamment au Vallat Fontanes.

La dolomie accompagne assez habituellement les gîtes analogues de toute cette localité.

Dans le voisinage d'Alais, j'ai vu un autre exemple plus remarquable encore de gisement analogue à ceux qui nous occupent : c'est à Saint-Sébastien, dont la galène a été essayée par M. Cachon (*Ann. des mines*, travaux des laboratoires de 1842).

Le minerai est un mélange de galène et de pyrite riche en argent (2 millièmes au moins). Il est disséminé irrégulièrement dans un banc d'arkose ayant de 2 à 4 mètres de puissance. Un banc d'arkose stérile, d'épaisseur à peu près égale, recouvre le banc métallifère.

L'arkose (composé de quartz associé à quelques gros cristaux de feldspath) est à grains de grosseur très-va-

ainsi, tandis qu'il se montre en veinules lenticulaires, disposées dans le sens des couches, à la mine de la Hermosa Judith, dans laquelle la roche métallifère existe en couche mince (1 mètre environ), cette roche en est comme entrelardée à l'Artesica, où, sans différer notablement de ce qu'elle paraît être dans la Hermosa Judith, elle se trouve accumulée en amas puissant.

C'est plus particulièrement au toit ou au mur de la roche métallifère, qu'on observe les veinules de minerai de fer; elles s'y montrent sans suite, alternant avec des zones micacées ou talqueuses tendres.

Dans ces différents cas, c'est particulièrement

---

riable. Le minerai a rempli tous les interstices que ces grains laissaient entre eux, de manière à se montrer d'autant plus concentré que les grains plus gros laissaient des interstices plus larges. Il y a lieu de croire que la masse de l'arkose était incohérente avant l'infiltration du minerai qui en a soudé les grains.

Ce qui vaut à ce gîte d'être cité ici, c'est sa disposition générale.

Les deux bancs superposés d'arkose recouvrent, comme d'un manteau, une butte de porphyre rouge à gros cristaux de feldspath, qui ne se montre qu'au sommet de la butte, sur lequel le village de Carnoulès est établi. On voit sur les deux flancs de la butte les tranches du calcaire jurassique relevé en sens inverse pour livrer passage à la roche soulevante. L'arkose mis à nu sur une étendue considérable paraît en outre se prolonger sous le calcaire, au pied de la butte qu'il enveloppe.

Bien que des recherches multipliées aient été faites anciennement dans ce canton, on ignore si le minerai s'étend sous le calcaire. J'estime que l'arkose métallifère tient moyennement 6 à 8 p. 0/0 de galène.

On trouve au fond du vallon des fragments roulés d'une roche cristalline noire très-lourde, quelque amphibole grenu, je suppose.

au milieu des veinules de minerai de fer que la galène est plus concentrée et plus pure; mais il n'en est ainsi qu'au contact de la roche métallifère; car les couches ou amas ferrugineux importants, qui ne sont pas en relation directe avec cette roche, sont d'une pauvreté extrême, ou complétement stériles; ce qui est le cas le plus fréquent.

Le minerai de fer qui ne contient pas de galène n'a pas trace d'argent.

Manière d'être de la galène dans la roche métallifère.

En général, partout où j'ai vu la galène renfermée dans le minerai de fer, elle s'y trouvait à grandes facettes et sans mélange d'autres minéraux; différente en cela de la galène plus intimement associée avec la roche métallifère. Celle-ci qui vaut à la Sierra de Carthagène toute l'importance métallique qu'elle a eue dans l'antiquité, existe au sein de masses de pyrite blanche et de blende noire à grains fins, soit disséminée en petits grains plus ou moins abondants, soit concentrée en petits amas irréguliers, à grandes ou à moyennes facettes.

La roche semble faire partie constituante des massifs métallifères : elle n'est pas moins sujette que les éléments métalliques, tantôt à se montrer sans mélange, tantôt à disparaître presque entièrement au milieu des minerais qu'elle contient.

Manière d'être de la roche métallifère.

A l'exception de quelques amas puissants auxquels on serait en peine d'assigner une direction (par exemple la mine Artesica, qui a dû être si productive, et la mine el Descuidado, qui semble avoir dû être toujours bien pauvre, malgré l'importance des travaux anciens qui y ont été exécutés), la roche métallifère a partout la direction et la pente des couches encaissantes.

Cette direction est à peu près E.-O.; mais je ne

serais pas étonné qu'on observât des directions différentes, même des directions N.-S., aux extrémités du grand axe de la crevasse que j'ai décrite, tant je suis disposé à voir, dans cette crevasse, une sorte de cratère de soulèvement à base elliptique très-allongée.

J'ai observé des variations de pente de 20 à 75°. Quelques observations, trop peu nombreuses, me porteraient à croire que les pentes s'adoucissent à mesure qu'on s'éloigne du centre du bassin.

La roche métallifère, bien qu'intercalée d'une manière incontestable dans le sens des couches schisteuses, ne paraît pas régner dans toute l'étendue des schistes qui la contiennent. J'ai vainement cherché son affleurement à la mine la Hermosa Judith. Ce n'est qu'à quelques mètres de profondeur qu'on la reconnaît. Cependant cette roche s'y montre tout d'abord avec les caractères les plus prononcés : elle a l'aspect d'une roche feldspathique; elle est d'un blanc verdâtre, tenace et toute semée de galène. Avant d'arriver au jour elle se réduit à rien et fait place au schiste micacé qui forme le toit et le mur. Cette manière d'être m'a paru fréquente. On sait du reste qu'elle n'est pas rare, même dans des filons puissants qui coupent franchement les couches encaissantes.

A l'extrémité orientale du bassin, j'ai vu des mines (la Mysta entre autres) où la roche métallifère présentait une structure schisteuse bien prononcée, à gros bancs toutefois, tout en conservant la teinte verdâtre et la ténacité qui caractérisent cette roche dans d'autres mines, où elle est compacte. Le toit et le mur, bien distincts à la Mysta, sont formés d'un schiste micacé gris bleuâtre. La couche métallifère a 3 mètres de puissance. Au

toit comme au mur elle se montre très-ferrugineuse à ses affleurements, qu'on peut suivre sur une certaine étendue au fond d'un ravin. Le minerai se compose d'un mélange de pyrite blanche, de blende noire et de galène à grains plus ou moins fins, disséminé dans la roche schisteuse.

A l'Alianza, l'une des mines les plus abondantes du bassin, mais qui manque d'affleurements comme la Hermosa Judith, le toit est formé d'un schiste à gros banc, vert noirâtre, n'ayant rien de commun avec la masse des schistes stériles du pays. Il ne lui manque que d'être imprégné de minerai, pour ressembler à la roche métallifère de la Mysta; aussi, croirais-je volontiers que c'est ce même schiste qui, plus avant, recèle le minerai exploité, si l'intérieur des travaux ne m'avait pas fait voir ce minerai au milieu d'une gangue grenue, d'un gris verdâtre, sans apparence de schistosité, n'ayant rien de commun, en un mot, avec le schiste métallifère de la Mysta.

Quant au mur, il est représenté, comme à la Mysta, par un schiste micacé, à feuillets minces gris bleuâtre et tendre. Rien n'annonce qu'il ait subi la moindre modification.

Le gîte de l'Alianza est bien plus puissant que celui de la Mysta; mais sa puissance paraît moins régulière. La masse du gîte est formée de la roche grenue dont il vient d'être question. On y voit çà et là des veinules de galène à grains fins et de petits amas de pyrite. Ailleurs, la pyrite envahit tout, et l'on y distingue à peine quelques traces de galène clair-semées; çà et là aussi, mais plus rarement, on rencontre quelques amas irréguliers de galène à grandes facettes, assez pure, environnées soit de pyrite, soit de galène très-blendeuse.

C'est cette dernière qui est la plus abondante. Le tout est incorporé dans la roche grise, sans ordre que j'aie pu discerner.

Il est peu de mines de ce canton qui permettent de reconnaître facilement le toit et le mur; d'abord, parce que les affleurements sont rares ou recouverts de déblais; mais surtout parce que l'exploitation ne met ordinairement à nu ni l'un ni l'autre, négligeant la galène disséminée dans la pyrite et la blende, pour suivre, de préférence, les petits amas à grandes facettes, qui se trouvent plus particulièrement au milieu de la masse.

Je n'aurais pas lieu de penser qu'il existe un passage progressif du schiste verdâtre et tenace de l'extrémité du bassin, au pétrosilex vert et dur qu'on trouve, au centre du même bassin, dans la mine Artesica, au voisinage du porphyre, si je ne m'en rapportais qu'à ce que j'ai observé dans uue mine située au-dessus de l'Artesica elle-même : en effet, la roche métallifère y était terreuse et grise, c'est-à-dire qu'il y avait entre elle et le pétrosilex de l'Artesica, malgré leur voisinage, la plus grande différence que j'aie eu occasion de remarquer entre les diverses variétés de la roche métallifère. Mais il faut dire que ces deux gisements peuvent occuper deux étages fort éloignés; considération qui changerait l'état de la question.

Il serait intéressant de s'assurer si les roches vertes de Carthagène peuvent être rapportées aux roches vertes des Deux-Sèvres que M. Cacarrié a analysées (1). La composition qu'il leur assigne (talc et feldspath, contenant parfois de l'amphibole) serait particulièrement remarquable, pour

(1) *Ann. des mines*, 4e série, tome IV, page 157.

des roches gisant au milieu d'un terrain talqueux, au voisinage de pétrosilex vert et de porphyre amphibolique.

Roche verte non métallifère.

Loin du bassin métallifère de Carthagène, à l'ouest d'Almazarron, un peu avant d'arriver à l'amas de gypse del Cedacero, précédemment signalé, on rencontre, au milieu du schiste talqueux blanchâtre, une mince couche d'un vert pistache, un peu schisteuse, et ne présentant pas trace d'un minerai quelconque. Elle se suit sur une grande étendue avec une épaisseur régulière d'environ 60 mètres. Par sa direction et sa pente, cette roche verte semble devoir passer à une certaine profondeur, au-dessous de l'amas gypseux, qui en contient quelques fragments empâtés. Je n'ai pas remarqué la moindre trace de perturbation ou de modification du schiste talqueux au contact de la roche verte. Cette roche, que j'appellerais volontiers chlorite schisteuse, diffère notablement, par son faciès, de la roche verte de Carthagène. Elle est moins compacte et d'un vert plus franc. La couche paraît en outre bien plus régulière et plus mince.

Pour en finir avec les roches métallifères de Carthagène, je mentionnerai, comme indication de faible importance, l'existence de très-nombreux et de très-gros cristaux de chaux sulfatée, parmi les déblais anciens entassés dans la mine el Descuidado, qui est ouverte au milieu d'une masse très-puissante de roche compacte, à teinte ferrugineuse, moins tenace que les roches verdâtres. Cette mine est une de celles que le général Requena a reprises. Je n'y ai pu voir que quelques rares filets de galène à grandes facettes, sans mélange de blende ni de pyrite.

Abondance relative et teneur en argent des minéraux sulfurés.

Des trois minéraux sulfurés que la roche métallifère renferme, la pyrite est incomparablement le plus abondant, la blende le plus rare.

La galène seule serait argentifère, s'il faut en croire des Anglais qui font de grandes dépenses, depuis plusieurs années, pour établir, à Escombrera, un procédé de préparation mécanique propre aux minerais de Carthagène. Néanmoins, ce fait me semble mériter d'être vérifié.

J'admettrai sans peine que la pyrite tient, au plus, quelques traces d'argent, mais la réponse qui m'a été faite me semble autoriser le doute relativement à la blende. Je regarderais l'absence de l'argent, dans ce minerai, au milieu d'un gîte argentifère, comme un fait exceptionnel et digne de remarque. On sait en effet que s'il est si fréquent de trouver une galène lavée à l'augette, avec grand soin, plus pauvre en argent que la même galène moins complétement débarrassée de ses gangues, la différence provient, le plus souvent, de l'expulsion de la blende, qui est quelquefois plus riche en argent que la galène elle-même, surtout quand celle-ci est pauvre.

Le tableau suivant donne, d'après M. Noir, les teneurs de quelques-uns des minerais des environs de Carthagène. J'y ai joint les teneurs de l'Artesica et de la Exploradora, rapportées par M. Sauvage, et, comme pour les minerais d'Almazarron, j'ai calculé le rapport de l'argent au plomb contenu.

(Voir le tableau, page 59.)

NOM de la mine.	QUALITÉ du minerai.	PRODUIT par 100 kil.		ARGENT par 100 k. de plomb.
		Plomb.	Argent.	
		kil.	gram.	gram.
Artesica.....	Lavé à l'augette avec soin.........	75 ?	100 150	200
Matilde.....	Recio.........	35	70	200
Alianza.....	Recio.........	27,5	65	235
Mysta......	1re qualité......	17	20	120
	2e et 3e qualité...	traces.	traces.	»
Dos Tercios...	Plomb carbonaté..	60	»	»
Cérès......	Echantillon choisi..	75	»	»
	Richesse moyenne..	50	»	»
La Exploradora.	»	»	10	»

Les trois premières mines existent dans la roche métallifère; la quatrième, dans le schiste verdâtre tenace; les deux dernières, dans le calcaire.

En outre, j'ai eu occasion de faire essayer un minerai de plomb des environs de Carthagène (dont la provenance n'était pas indiquée), dans lequel la blende était rare, la pyrite abondante, mais qui n'avait pas l'apparence du minerai contenu dans la roche métallifère.

Il a donné les résultats suivants :

DÉSIGNATION.	PRODUIT par 100 kil.		ARGENT par 100 k. de plomb.
	Plomb.	Argent.	
	kil.	gram.	gram.
Minerai brut tel qu'il nous avait été envoyé dans un sac.....	52	30	57
Galène à grandes facettes choisie et lavée.............	70	30	42
Pyrite et gangue schisteuse provenant du lavage.........	15	20	133
Pyrite séparée par triage.....	10	5	50
Galène à moyennes facettes, tendant à la structure fibreuse...	60	40	66
Galène compacte..........	60	20	20

On voit que la pyrite ne tenait pas d'argent, mais qu'il y avait, dans la gangue, quelque autre élément notablement argentifère. Quant à la galène, sa teneur a varié du simple au double, pour différentes structures, tout en restant toujours très-basse.

On pouvait juger, à la gangue de ce minerai, qu'il n'appartenait pas au calcaire.

Opinion sur la richesse en argent des différents gîtes.

Je mentionne cette remarque afin de faire connaître dans quelles limites il faut admettre une opinion fort accréditée parmi les exploitants espagnols, à savoir que la galène est riche en argent dans le schiste, et pauvre dans le calcaire. La pauvreté dans le calcaire paraît être constante et absolue, mais il n'en est pas de même, à beaucoup près, pour la richesse dans le schiste.

Richesse réelle des minerais de la roche métallifère.

On voit qu'en tenant compte de cette circonstance, qu'à défaut de préparations mécaniques, le *recio* lui-même n'est qu'un minerai brut, relativement à l'état de la galène que l'on a coutume de fondre, et qu'on peut considérer la plupart des minerais contenus dans la roche métallifère de Carthagène, comme pouvant être amenés, par voie de préparation mécanique, à une teneur de 70 à 120 grammes d'argent, par 100 kilogrammes de minerai net, capable de rendre 60 pour 100 de plomb.

C'est la teneur de la majeure partie des minerais d'Almazarron.

Ce n'est pas le seul trait de ressemblance que les gîtes contenus dans la roche métallifère aient avec les filons du terrain trachytique d'Almazarron; sauf la différence de manière d'être, les uns en filons verticaux, N.-S., les autres en couches E.-O., on prendrait aisément les uns pour les autres, si

l'on ne considérait que la nature et la disposition des minéraux qui les composent.

C'est particulièrement dans les renflements que j'ai trouvé cette identité frappante. Il n'y a pas jusqu'au faciès de la roche encaissante qui, dans certains cas, ne puisse aider à cette méprise. Mais je dois ajouter qu'il est très-facile aussi de trouver, parmi ces deux groupes de gîtes, des parties extrêmement dissemblables.

Les gîtes contenus dans le calcaire ont, au contraire, des caractères bien tranchés, qui ne permettraient, en aucun cas, de les confondre avec les autres. Gîtes dans le calcaire

J'en ai visité deux (Cérès et Santa-Catharina), à l'extrémité E. du bassin métallifère, près d'Escombrera, en un point où le schiste ne paraît pas au jour, à moins de 2 kilomètres pourtant de la Mysta, qui est en plein schiste.

Ces exploitations suivent une même veine E.O, divisée en deux gîtes par un ravin. La pente est celle des couches calcaires, dans lesquelles le minerai se trouve intercalé, c'est-à-dire, 35° environ vers le sud.

La galène s'y montre en veines irrégulières, ou en rognons, disséminés sans ordre et en quantité médiocre, au milieu d'une veine de chaux carbonatée lamellaire, qui manque çà et là, pour reprendre plus loin. Je n'y ai observé ni blende ni pyrite.

J'ai vu très-nettement et en certaine abondance, à l'entrée de la Cérès, de petits fragments du calcaire encaissant, empâtés dans la gangue spathique. Le toit et le mur sont cariés, comme s'ils avaient été exposés à quelque action corrosive. En certains

points, ils se montrent tapissés de concrétions calcaréo-ferrugineuses.

L'ensemble de la veine n'a guère plus de 1 mètre de puissance.

A l'extérieur, le calcaire qui recouvre le minerai est sillonné, en tout sens, de veinules de chaux carbonatée lamellaire, et singulièrement fracturé sur une petite profondeur : ce dernier caractère est commun d'ailleurs à toutes les montagnes calcaires du pays.

On exploite aux environs de Carthagène, à 3 ou 4 kilomètres de la Cérès, deux ou trois autres mines de galène situées dans le calcaire noir. Elles sont toutes également peu importantes.

Richesse des minerais du calcaire.

Le minerai des gîtes exploités dans le calcaire est assez généralement à moyennes facettes. Plus pur que celui qui provient des gisements voisins, il tient rarement moins de 50 pour 100 de plomb, mais seulement des traces d'argent, ou des quantités négligeables.

Filons de baryte sulfatée.

Dans l'intérieur de la mine Cérès, j'ai observé une veine stérile de baryte sulfatée, dont la direction était N.S. et la pente vers l'E. La veine plombeuse manquant en ce point, je n'ai pas eu de rejet à rechercher.

M. Sauvage cite un filon de la même Sierra, dans la mine la Juno, qui, aux mêmes caractères que cette veine barytique, joint la présence d'une galène pauvre en argent, dont il n'indique ni la teneur ni le gisement.

Parmi les nombreuses exploitations que j'ai visitées, dans le bassin métallifère de Carthagène, il ne se trouvait pas un seul véritable filon qui fût productif; j'ai lieu de croire qu'ils sont rares et peu importants; néanmoins, l'étude des quelques

filons N. S. et barytiques qui paraissent y exister, pourrait être d'un grand intérêt, tant pour faire connaître les liens qui peuvent rattacher les filons trachytiques du pays aux amas disposés dans le sens des couches, que pour établir si ces filons peuvent être rapportés à l'important filon N.S et barytique dont il sera bientôt question.

Je ne me dissimule pas ce que les indications qui précèdent ont de vague et d'incomplet. Si je ne crains pas de les publier telles quelles, c'est uniquement dans le but de suggérer à quelque autre le désir d'étudier avec précision ce que je n'ai pu qu'entrevoir en passant.

Je suis porté à croire que les gîtes de la Sierra de Carthagène méritent une attention toute particulière, comme étant de nature, une fois connus, à faciliter l'intelligence de la manière d'être des autres cantons métallifères du midi de l'Espagne. Car, les mêmes causes, auxquelles on peut attribuer le relief actuel de la Sierra de Carthagène et sa constitution métallifère, paraissent avoir agi simultanément sur la presque totalité de la côte méridionale de cette contrée. Or, nulle autre part je n'ai vu les caractères géologiques de cette formation importante, plus rapprochés, plus saisissables.

Pour achever de faire connaître la manière d'être des principaux gîtes de galène des environs de Carthagène, il suffira d'ajouter un mot relativement à la mine Artesica, qui diffère notablement de la plupart des autres, et à la mine del Carnero, que M. Sauvage considérait, en 1843, comme étant la seule, aux environs de Carthagène, qui méritât une sérieuse attention. Description de la mine Artesica.

La mine Artesica est ouverte au milieu d'un pétrosilex bien caractérisé et verdâtre.

L'excavation a la forme d'une cloche de 30 à 40 mètres de hauteur, sur une trentaine de mètres de diamètre à la base. Elle s'ouvre, au jour, par une sorte d'œil-de-bœuf percé à la partie supérieure, et sur le côté, par une entrée plus large, servant à l'extraction, qui se fait à dos d'homme. C'est vraisemblablement, à l'une au moins de ces ouvertures, que le minerai paraît au jour; de sorte que l'affleurement devait se présenter sous forme d'un bouton métallique.

A voir la manière dont ce qui reste de galène aux parois de la cloche, est semé, en petits grains, dans le pétrosilex, on la dirait contemporaine de cette roche. Il est à croire que tout le minérai n'était pas à cet état et que l'excavation laissée par les anciens correspond à un amas de galène peu chargée de gangue, telle que celle que l'on poursuit encore dans la profondeur.

La puissance de cet amas s'est brusquement réduite. Il n'en reste plus qu'une queue sans importance, qui s'enfonce, suivant l'un des côtés de la cloche.

J'ai trouvé la pyrite et la blende plus rares dans l'Artesica, que dans la plupart des autres mines du voisinage. Là où elle est agglomérée, la galène est à moyennes facettes: elle tient de 1 à 1 1/2 millième d'argent.

Quelques personnes considèrent de pareilles teneurs comme médiocres : elles en concluent, ou bien que l'antique réputation des mines de Carthagène est suspecte; ou bien que celles de ces mines, qui étaient les plus productives, sont encore à découvrir.

Je ne saurais partager ni ces doutes ni ces espérances.

Assurément, dans ces sortes de choses, plus qu'en toutes autres, il est toujours prudent de faire une large part aux exagérations dont les traditions sont ordinairement entachées; car, il ne faut pas avoir une grande expérience des affaires des mines, pour savoir combien le public se trompe aisément, même de nos jours, sur la prospérité d'une exploitation qu'il a sous les yeux.

Ce sont particulièrement les mines d'argent qui sont sujettes, dans l'opinion publique, à des exagérations incroyables, relativement aux produits et surtout aux bénéfices.

Mais, d'autre part, on a coutume, en général, dans l'appréciation de la valeur d'une mine, d'accorder à la teneur du minerai, une importance trop absolue. Appréciation de la valeur d'une mine.

Cette manière de procéder est d'autant plus dangereuse qu'elle s'applique à des échantillons recueillis aux affleurements, échantillons qui sont loin, le plus souvent, de représenter l'ensemble du minerai, tel qu'il existe dans la profondeur.

En voici deux exemples tirés du canton de mines qui nous occupe.

A l'époque de la découverte du filon d'Almagrera, dont les affleurements présentèrent tout d'abord une richesse énorme (plus de 80 fr. par 100 kilog. de minerai brut), un vif élan fut donné à la passion des recherches de mines dans tout le midi de l'Espagne. Il arriva que, parmi les plusieurs centaines de fouilles qui furent entreprises, quelques-unes de celles des environs de Carthagène offrirent d'abord des échantillons de haute teneur. Telle fut la mine del Carnero, où M. Sauvage trouva des phosphates et autres minéraux plombeux d'affleurements, qui tenaient jus-

qu'à 6 millièmes d'argent pour des galènes à 2 millièmes.

Même chose s'était présentée, au rapport du même ingénieur, pour la Juno, dont les minéraux d'affleurements donnèrent 1 millième pour des galènes pauvres.

Ces découvertes, qui furent extrêmement multipliées par la fraude, n'ont conduit à rien d'important. Pareil mécompte est fréquent; c'est que l'abondance du minerai et la facilité d'exploitation, sont des éléments d'appréciation bien plus dignes d'être considérés avant tout: la teneur ne doit certainement venir qu'en troisième ligne. Il n'est pas jusqu'à la nature des gangues et à leur mode d'association avec le minerai, qui, dans certains cas, ne mérite autant d'attention que la teneur.

Or, à Carthagène, l'abondance est prodigieuse et la facilité d'exploitation était la plus grande qu'on pût désirer, partout où le minerai était peu mélangé de pyrite et de blende, c'est-à-dire, je suppose, partout où il a été enlevé. Dans de pareilles circonstances, 1 millième et surtout 1 millième et demi, doivent être considérés comme des teneurs fort élevées. En effet, l'Artesica, à elle seule, pour produire 2.000 kilog. d'argent par an, pendant une dizaine d'années, n'a pas dû exiger plus d'une soixantaine d'ouvriers, quelques tas de grillage en plein air, trois fourneaux à manche et un fourneau de coupelle, sans clôtures ni abri, tels qu'on les établit sous ce ciel toujours pur; il suffit même, pour arriver à ce résultat, de n'admettre qu'un tiers de galène dans le minerai abattu, et de ne lui supposer que la teneur de 1 millième.

C'est-à-dire que la production a pu être le double ou le triple de celle que j'indique.

Dans le voisinage de l'Artesica, on trouverait plus de cinq mines qui ont pu être capables d'une production pareille. Qu'on y joigne une cinquantaine d'autres, qui, pour être moins riches en argent que l'Artesica, devaient pourtant en rendre deux ou trois fois autant que les minerais actuellement exploités à la mine de Poullaouen (1) et l'on verra que les mines de Carthagène ont dû fournir annuellement, pendant un certain temps, une quantité d'argent égale aux deux tiers de la production du Pérou, telle qu'elle est donnée par M. de Rivers, de 1786 à 1820, période de production moyenne (2).

Certes, ce n'est pas peu, surtout si l'on a égard à la valeur de l'argent, au temps des Romains, valeur cinq fois aussi grande environ que pendant la période que je cite.

Esprit qui dirige les recherches.

Il importerait qu'on se fît une conviction à cet égard à Carthagène : car l'espoir de découvrir les minerais à richesse extrême, qu'on suppose exister, donne lieu à des dépenses mal placées, à mon avis, soit qu'on s'obstine à rouvrir d'anciennes explorations remblayées, soit qu'on entreprenne à l'aventure (il faut le dire) des ouvrages nouveaux.

A Carthagène, on admet que les Carthaginois et les Romains, dont on retrouve des restes de tous genres (3) dans les mines reprises, étaient

---

(1) De 25 à 30 grammes par 100 kilog. de minerai rendant à l'essai 64 p. 0/0 de plomb.

(2) *Ann. des mines*, 3e série, tome II, page 196.

(3) Des médailles, des lampes, des amphores non vernissées et à fond pointu, analogues aux cruches encore

nos maîtres en fait d'exploitation. Cette opinion fondée sur la verticalité de quelques puits, sur la rectitude de quelques galeries, sur l'existence de quelques muraillements réguliers, sur la conservation de quelques boisages qui n'ont dû peut-être leur conservation qu'à leur inutilité, cette opinion n'est vraie que relativement à la plus grande partie des travaux analogues entrepris dans le pays, depuis quelques années; mais c'en est assez pour qu'elle soit ancrée dans la tête de plusieurs exploitants, éclairés d'ailleurs, au point qu'ils refusent d'accorder que les anciens aient pu, comme les Carthaginois de nos jours, entreprendre, sans raisons suffisantes, et poursuivre sans succès, des puits profonds ou de longues galeries.

On ne doute pas, au contraire, que l'importance des explorations n'ait été proportionnée à l'importance des gîtes, et comme ceux de ces ouvrages, qui paraissent avoir été les plus considérables, sont remblayés, et remblayés de main d'homme, cette circonstance singulière interprétée d'une manière favorable aux désirs des explorateurs modernes, est pour eux un attrait de plus. C'est ainsi qu'on en voit négliger des mines

usitées dans le pays; un lingot de plomb avec inscription abrégée en lettres romaines, venues en creux au moulage; des outils en fer, dont quelques-uns sont aciérés; les chaînes d'un esclave, attachées encore au pied du squelette qui a été trouvé entier dans un ouvrage non éboulé. J'ai vu ces différents objets chez M. Caballero, déjà cité. Cet ingénieur m'a parlé avec admiration d'un boisage polygone en planches assemblées à tenon et d'une noria qu'il a trouvés en position telle, par rapport à d'autres objets mieux caractérisés, que, à son jugement, ces restes sont incontestablement romains.

de richesse moyenne qu'ils possèdent, pour consacrer tous leurs efforts à d'autres mines inconnues, de l'accès le plus difficile. Leur confiance semble s'accroître avec les difficultés qu'ils rencontrent.

Quant à ceux qui prétendent à des découvertes complétement nouvelles, on ne peut pas dire qu'ils aient moins de chances de succès que les autres, mais, le plus souvent, ils basent leurs recherches sur des indices auquels la foi seule peut prêter de l'importance. La foi, du reste, est moins dangereuse que partout ailleurs, dans un pays où la découverte de quelques échantillons plus ou moins riches est à peu près assurée, dans certaines parties du terrain, et il faut avouer que, dans des conditions pareilles, on est excusable de se laisser aller à sacrifier quelque chose au hasard, quand on a sous les yeux les palais de marbre, bâtis à Cuevas et à Vera, par les paysans aux mains de qui la fortune a mis, depuis cinq ans, les mines d'Almagrera.

Pour moi, je crois que la Sierra de Carthagène recèle encore des richesses importantes; mais, sans prétendre qu'on ne trouvera rien de nouveau, je ne conseillerais à personne de porter ses vues ailleurs que dans les mines actuellement connues. Et comme les richesses qu'elles contiennent ne peuvent devenir réalisables qu'à l'aide d'un système de préparation mécanique qui convienne au minerai et au pays, c'est à la découverte de ce moyen que devraient être consacrés, ce me semble, les sacrifices que tant de personnes se montrent disposées à faire. Le problème, bien que difficile, n'est certainement pas de ceux à la solution desquels on doive renoncer.

Minerais de la Cuesta de Gos.

Entre Almazarron et Aguilas, mais plus près de cette dernière ville, qui est un petit port de mer situé à moitié chemin du cap de Palos au cap de Gate, on traverse un chaînon de schiste micacé gris pareil au schiste de Carthagène. Il en a la direction, mais le calcaire noir non fossilifère ne se montre pas au-dessus, du moins sur la route que j'ai suivie.

Ce chaînon de micaschiste est connu sous le nom de Cuesta de Gos.

Des fouilles nombreuses ont été faites là comme presque partout, dans l'étendue de 60 lieues que nous passons en revue ; j'en ai vu quelques-unes sur mon chemin, toutes stériles et dirigées dans le sens des couches.

Quelques veines irrégulières de quartz blanc laiteux, intercalé dans les feuillets du micaschiste, moins de consistance de la roche, un aspect plus sombre et plus terreux, ou quelques teintes ferrugineuses peu prononcées, sont les seuls indices qui paraissent avoir motivé ces recherches.

On a trouvé néanmoins, dans la Cuesta de Gos, quelques gîtes de galène argentifère. Je n'ai pas eu occasion d'observer leur manière d'être.

Des échantillons de trois de ces mines, essayés par M. Noir, ont donné les résultats suivants :

NOM de la mine.	QUALITÉ du minerai.	PRODUIT par 100 kil. Plomb.	PRODUIT par 100 kil. Argent.	ARGENT par 100 k. de plomb.
		kil.	gram.	gram.
El Trobador...	Recio choisi. . . .	70	110	160
	Recio moyen. . .	47	80	170
	Garbillo moyen. .	30	50	165
Los Labradores.	Moyenne des recio et garbillo. . . .	35	100	285
El Triumpho. .	*Id.*	19	60	315

Ces mines mériteraient une certaine attention; la première pour la pureté de la galène, les deux autres pour la richesse en argent, si l'on pouvait répondre que les essais ont été choisis avec assez de soin pour représenter réellement la teneur moyenne des minerais abattus. Mais ce choix est souvent chose fort délicate, et pour le faire convenablement, il faut plus d'expérience des affaires de mines qu'on ne le suppose communément. Il y a lieu de croire d'ailleurs que ces mines sont peu abondantes, car on n'en parle pas.

Sierra Almagrera.

Jusqu'ici, tous les cantons de mines que nous avons passés en revue, en partant du cap Palos, appartiennent à la province de Murcie. En entrant dans la province de Grenade, on rencontre tout d'abord la Sierra Almagrera. C'est un chaînon de micaschiste qui a 8 à 9 kilomètres dans sa plus grande longueur, sur 4 à 5 kilomètres de largeur. Sa direction varie de E. 15° N. à E. 45° N. D'Aguilas à la mine d'argent, je l'ai trouvée voisine de la première limite, ce qui la rattachait au système observé jusque-là; mais elle se rapproche extrêmement de la dernière limite, à mesure qu'on avance vers Villa-Ricos, bourg situé sur la côte, à l'extrémité S. de la Sierra-Almagrera. Peut-être cette inflexion est-elle en rapport avec la présence d'une petite chaîne N. S. de micaschiste recouvert du calcaire noir non fossilifère, chaîne qui rattache le système E.O. de la côte de Carthagène au système parallèle de la côte d'Almeria à Malaga.

Toutes les cartes montrent ces variations de directions accusées par le contour du littoral.

En partant d'Aguilas pour aller à la mine d'argent d'Almagrera, on aperçoit dans le micaschiste des masses ferrugineuses importantes qui offrent la

plus grande analogie avec les gisements de même nature, précédemment signalés dans la Sierra de Carthagène. Des recherches nombreuses entreprises sur ces minerais n'y ont fait reconnaître ni plomb ni argent.

On rencontre ensuite une plaine formée de dépôts tertiaires, à travers lesquels, selon MM. Ramon Pellico et Amalio Mæstre, pointent, vers la base de la montagne, des *soulèvements dioritiques et porphyriques*.

Enfin, l'on pénètre dans la Sierra-Almagrera par un ravin, au fond duquel s'étend le conglomérat déjà décrit. La position de cette roche, au milieu d'un ravin creusé dans le micaschiste, et au voisinage du terrain tertiaire, doit rendre facile la détermination de son âge.

Il paraît que des filons ferrugineux, accompagnés de baryte sulfatée, abondent dans la Sierra Almagrera; mais, ou bien les affleurements sont rares et sans suite, ou bien ces filons ne se montrent que dans les parties de la chaîne que je n'ai pas visitées; car je n'en ai pas vu un seul.

Je me suis attaché spécialement à l'examen des mines productives.

Mines productives.

Ces mines sont au nombre de 9, que je diviserai en deux groupes :

1° Las Animas, la Esperanza, la Virgen del Carmen, l'Observacion, la Diosa ou Rescatada, la Estrella;

2° Belen de Salcedo, San Gabriel, la Virgen del mar.

Dans le premier groupe, je classe des mines ouvertes sur une même veine sensiblement N.-S. (de la boussole), et contenant le plomb, en majeure partie, à l'état oxydé (plomb sulfaté, etc.).

Le second groupe comprend des mines de galène argentifère, appartenant aussi à une seule veine, qui semble devoir se rattacher à la première.

Les deux veines sont comprises dans un vallon transversal, creusé dans le flanc septentrional de la chaîne; elles paraissent régner chacune sous l'un des versants, suivant une ligne un peu oblique, par rapport au thalweg du vallon.

Dans ces deux groupes de mines, le rapport de l'argent au plomb est le même; il est moyennement d'un peu plus de 1.000 grammes d'argent par 100 kilog. de plomb.

Ce rapport est vrai pour la masse du minerai; il est resté constant pendant cinq années, malgré plusieurs variations successives de 1 à 3, dans la richesse moyenne: il varie d'ailleurs considérablement d'un échantillon à l'autre.

En France, les neuf mines productives de la Sierra Almagrera n'en formeraient qu'une: elles dépendraient d'une même concession qui n'aurait pas plus de 1.000 mètres de longueur sur 500 de largeur. Mais, en Espagne, cette étendue donne nécessairement lieu à 40 concessions de contenance et de forme invariables, savoir: un rectangle de 200 *varas* sur 100 (167 mètres environ sur 84). Et comme il suffit, pour obtenir une concession pareille, de payer un *douro* et d'ouvrir, n'importe où, un puits ou une galerie de 10 varas de profondeur (ouvrage qui, dans ce terrain, ne doit pas coûter 100 fr.), on comprend qu'aussitôt la haute teneur du minerai d'Almagrera connue, chacun se soit empressé de s'assurer une chance, soit au partage du filon, s'il devait se prolonger, soit à une nouvelle découverte, s'il

en restait à faire. C'est ainsi que, tout autour de la mine Virgen del Carmen, où l'affleurement du filon fut reconnu en 1838 (1), le terrain a été divisé en un nombre incroyable de concessions ayant chacune leur puits de 10 varas.

Dans la description qui va suivre je ne tiendrai compte des divisions artificielles du gîte d'Almagrera, qu'autant que ces divisions me seront utiles comme point de repère.

La *fig*. 8 de la pl. II reproduit le seul plan des mines d'Almagrera qui existe. Il a été fait en 1842, par ordre de M. Heredia de Malaga, dont on retrouve le nom dans tout ce qui touche à une branche quelconque de l'industrie de l'Espagne.

Ce plan a été imprimé sur foulard. Il ne donne que la direction d'une partie du filon, à un niveau déterminé. J'y ai ajouté, d'après des indications prises sur les lieux, toute la partie ponctuée dont je ne saurais garantir la parfaite exactitude.

Filon principal. Le filon principal, qui comprend le premier

(1) La découverte fut faite par André Lopez, surnommé Perdigon, et Pedro Bravo Perez. En fouillant sur des traces ferrugineuses de fort peu d'étendue, ils trouvèrent à une palme de profondeur ($0^m,22$), quelques lamelles de galène tenant 8 millièmes d'argent. La création de la société de la Virgen del Carmen s'ensuivit. Cette société donna à chacun des inventeurs un quart d'action estimée alors à 150 francs. Peu de temps après, Perez n'ayant pas pu payer sa part des frais mensuels nécessaires pour préparer l'exploitation, échangea son quart d'action contre une ânesse et une petite mule.

Le 19 août 1841, un quart d'action de la même mine del Carmen était offert dans le *Boletin de minas* pour 35.000 piastres (190.000 fr.). Aussi l'autre inventeur est actuellement dans l'aisance.

La société del Carmen comprend 30 actions.

groupe de mines, coupe franchement le micaschiste, dont la direction, à cette latitude, est sensiblement E.O., avec pente plongeant vers le N. La pente du filon est de 65 à 70° vers l'E.

Le minerai est essentiellement composé de sulfate de plomb terreux et à teinte ferrugineuse plus ou moins sombre, renfermant des veinules de galène antimoniale, à grain fin et des veines de galène à grandes facettes. Il paraît qu'on y a trouvé aussi des carbonates, phosphates et arséniates de plomb; mais j'ai lieu de croire que ces minéraux y sont rares.

Les gangues sont des oxydes de fer plus ou moins compactes, du fer carbonaté en grande partie décomposé et de la baryte sulfatée lamellaire. On y trouve, en petite quantité, de la chaux sulfatée, de la pyrite cuivreuse et de la pyrite de fer. La blende, citée par M. Sauvage, semble devoir être plus rare encore.

On n'a pu me montrer ni chlorure, ni sulfure d'argent, ni argent rouge, ni en général aucune substance métallique cristallisée. Quelques échantillons ferrugineux, les uns chargés de cristaux microscopiques, les autres semés de taches terreuses, d'un jaune verdâtre, que je prenais pour des chlorures d'argent, n'ont pas été trouvés plus riches en argent que les parties compactes et homogènes des mêmes échantillons.

L'argent natif n'a été signalé par personne.

Le tableau suivant extrait d'une série de 80 essais faits sous mes yeux, à Poullaouen, et les fig. 9, 10, 11, 12 et 13 de la pl. II, pourront donner une idée de la richesse, et, jusqu'à un certain point, du *facies* de ce minerai remarquable.

SIGNALEMENT DES ÉCHANTILLONS.	TENEUR AUX 100 KILOG.	
	Plomb.	Argent.
	kil.	gram.
(*a*) Galène à grandes facettes un peu convexes.	76—78	800—860
(*b*) Croûte ferrugineuse rouge de (*a*) (voir, *fig.* 9, 10 et 11, en *bbb*).	31—32	240—260
(*c*) Galène à grandes facettes mouchetées de parties jaunâtres résinoïdes (*fig.* 10, en *cc* (1).	67—70	940—980
(*d*) Plomb sulfuré d'un noir grisâtre terne (2)	56—58	1500—1610
(*e*) Galène à grain fin, en veinule ondulée (*fig.* 12, en *ee*) (3).	62—66	1000—1010
(*f*) Croûte compacte ondulée brune (*fig.* 12, en *ff*).	?	470
(*g*) Croûte compacte ondulée jaunâtre (*fig.* 11 et 12, en *dd* et *gg*) (4).	44—44	725—750
(*h*) Galène grenue, en noyau irrégulier (*fig.* 13, en *h*) (5).	53—55	600—645
(*i*) Croûte ocreuse (*fig.* 13, en *i*).	20—21	300—310
(*j*) Croûte ondulée de teinte variée (*fig.* 13, en *jj*) (6).	13—14	340—350
(*k*) Minerai compacte tenace d'un brun violâtre.	11—12	160—170
(*l*) Matière ferrugineuse compacte panachée (7).	8—8	140—150
(*m*) Matière purement ferrugineuse compacte.	0	255—260
(*n*) Matière ocreuse moins foncée que la précédente.	0	180—195
(*o*) Matière ferrugineuse, partie compacte, partie terreuse.	0	100— »
(*p*) La même, moins compacte et comme scoriacée.	3	5— »

(1) Après lavage, même teneur.

(2) L'échantillon était compacte et avait une certaine ténacité. On y distinguait quelques traces de galène qui semblaient se fondre dans la masse. La partie centrale, tout autour d'une petite crevasse irrégulière, était franchement noire. Cette teinte passait progressivement au gris terne et à la galène.

(3) La veinule de galène est séparée des croûtes de sulfate ocreux par un liséré noir qui se fond dans la masse de la croûte.

(4) Ces croûtes sont composées de zones alternativement sombres et claires, variant du brun noir au jaune verdâtre plus ou moins intense.

(5) Même remarque que pour l'échantillon *e*.

(6) Cette croûte était concentrique à de la galène grenue passant au noir analogue à l'échantillon *d*. Elle était composée de zones d'un brun rougeâtre, d'un vert sombre et d'un jaune clair ; les teintes les plus claires étaient les plus éloignées du centre.

(7) Cet échantillon était panaché de taches irrégulières terreuses, couleur merde d'oie, qui se détachaient nettement sur le fond bistré de l'échantillon.

Ces échantillons avaient été choisis dans un lot de minerai assez considérable, provenant de l'exploitation de 1841 et composé de *recio* pour la moitié, de *garbillo* pour l'autre.

On voit que le filon principal d'Almagrera contient à la fois des minerais plombo-argentifères et des minerais qui ne contiennent, en fait de matière utile, que de l'argent. Les premiers sont, à beaucoup près, les plus abondants. La galène y est rare. Un triage que j'ai essayé d'en faire n'a rendu que 8 de galène pour 100 de minerai mêlé. Et même cette galène était loin d'être pure, car elle ne tenait que 0.54 de plomb et 0,007 d'argent.

Cette faible proportion de galène semble avoir diminué encore dans la profondeur : on n'en voit presque plus.

La teneur moyenne du minerai, après triage de la galène, a été trouvée égale à 0,30 ou 0,33 de plomb et 0,00345 ou 0,00375 d'argent, sans trace d'or.

Ces teneurs élevées ont baissé rapidement à mesure que les travaux ont été approfondis. Pendant le premier semestre de 1843, les fonderies retiraient encore 220 grammes environ d'argent et de 20 à 22 kil. de plomb par 100 kil. de minerai composé de 40 kil. de recio et de 60 kil. de garbillo. Mais, pendant le premier semestre de l'année suivante, le recio se trouvait déjà réduit à 12 ou 15 pour 100 du total et le minerai d'Almagrera ne rendait plus que 0,10 à 0,11 de plomb et 0,00115 à 0,00125 d'argent. Depuis lors, les teneurs n'ont pas éprouvé de diminution nouvelle. Le recio varie, dans les différentes mines, de 8 à 18 pour 100.

Argent produit. J'estime que, dans l'état actuel des choses, les mines qui composent le premier groupe produisent environ 1500 kilog. d'argent par mois.

La profondeur des travaux était de 200 varas (167 mètres) en août 1845. Cette profondeur est la même pour les mines du premier groupe qui communiquent entre elles. La Estrella seule descend moins bas.

La puissance du filon n'a pas sensiblement diminué dans la profondeur. Il est toujours composé des mêmes matières, et la presque totalité du minerai abattu est toujours livrée à la fonte; mais les oxydes de fer bruns, poreux, comme scoriacés et friables, ont pris plus de développement.

Les coupes 4 et 5, *Pl. II*, peuvent donner une idée de la distribution de ces différentes matières dans le filon.

Ces coupes sont prises, l'une, *fig.* 4, dans l'Observacion, à une profondeur de 35 mètres; l'autre, *fig.* 5, dans le Carmen, 25 mètres plus bas.

La baryte sulfatée n'entre pas pour un dixième dans la masse du filon. Ce minéral passe pour être habituellement au mur, et le minerai riche au toit. On voit, pour ce qui est de la baryte, comment il faut entendre cette assertion.

La puissance du filon principal d'Almagrera est moyennement de 2^{m},50 à 3 mètres. Elle varie de 6 à 7 mètres à 15 ou 20 centimètres. On n'y a jamais vu encore d'étranglement complet. Les géodes ne sont pas rares; on en cite une dans laquelle une pierre, qu'on y jeta, se fit longtemps entendre, m'a-t-on assuré. J'ai négligé de m'enquérir de la nature des matières qui formaient les

parois de ces géodes. Je suppose que ce doit être la matière ferrugineuse friable.

Pour ce qui est de la forme du massif métallifère, il semblerait, d'après quelques indications peu précises, qui m'ont été données, qu'elle peut être représentée par une lentille allongée, dont le sommet affleurerait au Carmen, et dont le grand axe pendrait vers le N. comme les couches (1).

Le minerai de l'Observacion passe pour plus riche que celui des mines voisines. Le mélange, composé de moitié *recio*, moitié *garbillo*, se vend 1/2 réal de plus par arrobe que le minerai du Carmen et de l'Esperanza, 1 1/2 de plus que celui de las Animas (2).

---

(1) Plusieurs exemples me porteraient à regarder comme fréquente cette relation entre la pente des couches et celle de l'axe des massifs métallifères disposés dans le corps des filons. Si ce fait se généralisait, on pourrait peut-être le rattacher à cet autre fait remarqué par M. de Hennezel, que les fractures qui ont produit les filons se sont formées du côté où elles approchent le plus d'être normales au plan des couches.

(2) Le prix du minerai de l'Observacion (moitié recio, moitié garbillo n° 1) a varié, depuis l'origine jusqu'au commencement de 1844, de 25 à 17 réaux l'arrobe, soit de 6f,75 à 4f,60 les 11k,50, ou, en nombres ronds, de 60 à 40 fr. les 100 kil. Depuis lors les prix se soutiennent.

On distingue deux qualités de garbillo, *las primeras* et *las ultimas*, qui se vendent au prix de 6 à 8 réaux l'arrobe pour las primeras, et de 2 à 3 1/4 pour las ultimas.

Le recio ne se vend jamais seul. Dans les premiers temps de l'exploitation, il formait la moitié du minerai abattu; aujourd'hui il n'en est pas toujours le dixième : las primeras entrent dans le total pour 0,70.

On m'a assuré qu'on a essayé séparément les trois variétés et qu'elles n'ont présenté que des variations de 4 à 5 grammes par quintal pour l'argent, tandis que pour le plomb les différences ont été énormes. La presque totalité du plomb se trouvait dans le recio qui représente la partie la plus tenace du minerai.

Dans cette dernière mine, à la Dioza, et plus encore à l'Estrella, en même temps que le filon se rétrécit, la baryte sulfatée prend un grand développement. Elle est accompagnée de galène quelquefois à grandes facettes, mais le plus ordinairement à grain d'acier. Cette galène est peu abondante et paraît tendre à disparaître.

Les matières ferrugineuses ont diminué dans l'Estrella, au point que les déblais qui proviennent de cette mine se distinguent de ceux des mines voisines par leur couleur blanche.

A l'Estrella, le filon s'est bifurqué vers le sud; les deux branches font entre elles un angle de 60°, que la direction de la partie intérieure du filon couperait par la moitié. On ne poursuit que celle de ces veines qui court vers l'est : elle n'a que 16 centimètres environ de puissance; l'autre est plus mince encore; on l'a abandonnée.

Une pareille manière d'être de la partie méridionale du filon pourrait faire croire qu'il ne se prolonge pas jusqu'au point culminant de la montagne située à une petite distance, vers le sud.

Ce point est élevé de 300 mètres environ au-dessus du niveau de la mer.

Toutefois, le plan Hérédia montre au sud, dans la concession Union de Albaladeja, une veine N.-S. avec pente de 36° vers l'est, qui semblerait devoir appartenir au prolongement du filon principal; mais il ne paraît pas que cet ouvrage ait rien produit.

Au nord, le puits San Adrian n'avait pas encore atteint le filon en août 1845. Mais quelques veines ferrugineuses faisaient espérer sa rencontre prochaine.

On ignorait du reste si ces veines ferrugineuses étaient argentifères ou non.

Il n'y a pas au monde de mine métallique où les essais en petit soient moins usités qu'à Almagrera.

Ainsi, dernièrement, une fonderie a pu faire une excellente spéculation, en achetant, à vil prix, les *polvos* ou poussières dont on a coutume de débarrasser le minerai par un criblage à sec, avant de l'emballer : ces poussières encombrant les haldes, on les eut peut-être données pour rien à qui eut voulu les enlever. Or, il s'est trouvé que les *polvos* avaient sensiblement la richesse du minerai en morceaux.

Il y a peu à dire sur le filon de galène argentifère qui comprend le second groupe des mines productives d'Almagrera. **Mines du second groupe.**

C'est un filon dont la direction me semble devoir être très-variable, et que je considère comme pouvant se rattacher au filon principal par ses deux extrémités. Dans la mine San-Gabriel, où il est le mieux caractérisé, sa direction est sensiblement N.S., et sa pente de 42° vers l'est. L'allure des couches encaissantes est la même d'ailleurs que dans le groupe des mines voisines.

Le minerai est de la galène argentifère à grains fins; elle se montre en veinules irrégulières, soit serpentant au milieu de fer spathique d'un blanc sale verdâtre, soit alternant avec des veinules de pyrite de fer compacte.

Le fer spathique présente des mouches nombreuses de pyrite cuivreuse.

Je n'ai pas observé, dans ce filon, de baryte sulfatée à grandes lames, comme on en voit dans le filon principal.

La puissance du filon paraît régulière jusqu'à présent : elle est de 4 mètres environ.

Les géodes n'y sont pas rares. Je crois me rappeler que c'est au milieu de la pyrite que je les ai observées.

D'après M. Noir, un échantillon choisi parmi le recio de San-Gabriel, en 1844, tenait 0,565 de plomb et 0,0006 d'argent.

Du reste, la galène se trouve dans cette mine en veinules si minces, que le recio y est rare. On n'en retire pas plus de 3 pour 100, et ce recio est si loin du degré de pureté de l'échantillon essayé par M. Noir, que, mêlé avec moitié de primeras, il ne se vendait que 18 réaux l'arrobe en août 1845; c'était bien peu de plus que le minerai de l'Observacion, dont la teneur n'était guère, à cette époque, que le 1/5 de celle de l'échantillon cité. Les prix des primeras et des ultimas était de 7 1/2 et 3 1/2 réaux l'arrobe.

Ces deux qualités comprennent la presque totalité du minerai extrait, dans la proportion de 0,40 de primeras et 0,60 de ultimas.

La pauvreté en galène d'une part, et de l'autre une assez grande tenacité de la matière à abattre, qu'il faut extraire d'une profondeur de plus de 100 mètres, réduisent à peu de chose l'importance des mines du second groupe.

Ces mines sont néanmoins extrêmement intéressantes, comme pouvant mettre sur la voie des décompositions chimiques qui ont produit le minerai complexe du filon principal.

Dans cet examen, qui mériterait un travail spécial, il y aurait à tenir compte de cette circonstance curieuse, mais pas assez bien établie peut-

être, que considérées en grand, les différentes qualités du minerai d'Almagrera, telles qu'elles résultent du classement usité, conservent une teneur constante en argent pour de très-grandes variations dans le contenu en plomb. Il y aurait aussi à ne pas perdre de vue que, malgré le défaut d'uniformité de richesse reconnue dans les divers échantillons, la masse totale conserve une richesse constante, relativement au plomb contenu. Ces faits sont d'autant plus précieux, qu'ils ne pouvaient être reconnus que dans un gîte dont toute la masse est fondue : circonstance unique, peut-être.

Les mines d'Almagrera sont exploitées avec une activité telle (grâce en bonne partie, à la facilité de l'abatage et à l'absence complète d'eaux à épuiser), que leur prospérité peut n'être pas de longue durée. Plusieurs exploitants croient à leur fin prochaine. Ces craintes me paraissent prématurées.

La manière d'être du filon principal, au S., est à bon droit inquiétante; mais l'extrémité N. et la profondeur peuvent encore être considérées comme inconnues. Or, tout en croyant que le minerai actuel a fort peu de chances d'amélioration, on peut espérer que le filon se prolongera assez dans la profondeur pour rencontrer le filon de San-Gabriel. Cette réunion offre quelque probabilité d'accroissement de puissance du filon, et par suite d'enrichissement. Peut-être la réunion a-t-elle déjà eu lieu vers le S.: il ne s'en est rien suivi d'avantageux; mais ce n'est pas une raison pour qu'il en soit de même dans la profondeur. Ce qui est possible encore, c'est que le minerai compacte et terreux fasse place à un minerai cristallin. Du reste, les

chances d'un épuisement prochain de gîte ne me semblent pas plus grandes que la chance de voir, au contraire, la Sierra Almagrera devenir aussi célèbre par la richesse de sa galène, qu'elle l'est, depuis 7 ans, par l'abondance de son minerai ferrugineux.

Autres gîtes de la sierra Almagrera.

On cite, dans la Sierra Almagrera, le filon de la Reyla, comme ayant donné des minerais à haute teneur.

Je n'ai pas pu me procurer de renseignements précis sur la manière d'être de ce gîte, dont l'importance vénale est moindre encore que celle des mines du deuxième groupe.

M. Noir a eu l'obligeance de me laisser prendre note des essais suivants, qui se rapportent au minerai de la Reyla.

	Plomb.	Argent.
Minerai carbonaté, recio choisi. . .	0,485	0,00430
Moyenne du recio en magasin. . .	0,400	0,00330

Le rapport du plomb à l'argent paraît être un peu moindre, dans ce minerai, que dans celui des deux groupes de mines précédents.

Il y a encore, dans le même chaînon de montagnes, le Carmen del Vinagre, dont le minerai semble avoir les plus grands rapports de richesse avec celui de la Reyla.

Les seuls renseignements que je possède sur cette mine sont les deux essais suivants :

	Plomb.	Argent.
Moyenne du recio.	0,300	0,0025
Id. du garbilla. . . .	0,165	0,0015

Je ne quitterai pas la Sierra Almagrera, sans faire remarquer que le beau gîte auquel elle doit son renom peut être cité désormais comme un nouvel et grand exemple de la fausseté de cette

opinion, si souvent mise en avant par les promoteurs de mines, à savoir que, dans la profondeur, la richesse des minerais sera plus grande encore que celle des échantillons d'affleurements qu'ils présentent. Nous avons vu à Almagrera la richesse du minerai diminuer progressivement dans le rapport de 3 à 1 pour un approfondissement médiocre, et avec des minerais complétement exempts de substances cristallisées. Bien plus, nous avons vu des échantillons d'affleurements tenir jusqu'à 14 fois autant d'argent que la moyenne du minerai livré aux fonderies depuis plus d'une année (1.600 grammes au lieu de 115).

De pareils faits ne sont pas rares pour des minerais argentifères. Pour ce qui est des autres minerais, je croirais volontiers que si l'on pouvait regarder une seule assertion absolue et générale comme admissible en fait de gîtes métallifères, cette assertion devrait être uniquement relative aux dépenses, qui, certes, ne diminuent pas avec la profondeur. Or, en affaires de mines, les dépenses seules sont chose assurée.

Dans la Sierra Alhamilla, petit chaînon composé de micaschiste et de calcaire noir, qui court de l'est à l'ouest, au nord du cap de Gate, il existe, m'a-t-on assuré, quelques gîtes de galène argentifère, disposés au milieu du schiste, dans le sens des couches. Selon Don Felipe Bazan, inspecteur des mines de la province de Grenade, à qui je dois ce renseignement, ces minerais, sans importance d'ailleurs, tiendraient de 30 à 40 pour 100 de plomb et de 0,00125 à 0,00250 d'argent. Je n'ai pas pu savoir si la roche métallifère de Carthagène apparaissait dans ces couches, que la teneur des minerais placerait entre les filons de la Sierra Al- Sierra Alhamilla.

magrera et les plus riches du terrain trachytique.

MM. Ramon Pellico et Amalio Maestre décrivent la Sierra Alhamilla, sans parler de ces galènes argentifères. Ils ne citent « dans le schiste » argilo-micacé, que quelques petits filons de mi» nerai de cuivre, de fer oxydé et de fer sul» furé (1) ». Je n'oserais donc pas affirmer qu'il n'y a pas eu quelque malentendu de ma part, bien que ce soit en français que j'ai eu l'avantage de m'entretenir avec Don Felipe Bazan.

Ce point mériterait d'être éclairci, attendu qu'indépendamment des galènes argentifères, la Sierra Alhamilla renferme, en assez grande quantité, des dépôts de cette galène pauvre du calcaire noir, dont nous avons déjà vu quelques exemples dans la Sierra de Carthagène, et que nous allons retrouver, en abondance, dans le reste de la contrée que nous devons parcourir.

Considérée sous ce point de vue, la Sierra Alhamilla, géographiquement située entre les gîtes de galène argentifère et les gîtes de galène pauvre et contenant, dans le sens des couches, des minerais de richesse moyenne, la Sierra Alhamilla formerait un lien géologique naturel entre ces importants gisements métalliques.

Nous ne sommes pas arrivés à moitié chemin de la région métallifère que nous avons à examiner, et cependant ce qui nous reste à dire, relativement à la description des gîtes, est peu de chose. Ce n'est pas que les gîtes deviennent rares. Il n'y a peut-être pas, au contraire, de contrée où ils soient aussi multipliés que dans cette zone de 50 lieues sur 7, qui s'étend, en face de la côte afri-

(1) *Ann. des mines*, 4e série, tome II, page 289.

caine, de Mojacar à Malaga et au delà. Mais, cette région n'est pas moins remarquable par l'uniformité de sa constitution géologique que par sa richesse minérale.

C'est à cette région d'ailleurs que s'applique plus particulièrement la description générale qui a été donnée au commencement de ces notes. En outre, nous avons déjà vu, aux environs de Carthagène, *des miniatures* des gîtes qu'il nous reste à examiner, et peut-être avons-nous acquis ainsi une idée plus précise de ces gîtes, que si nous n'avions visité que ceux d'entre eux qui ont le plus d'importance industrielle.

Je me contenterai donc de transcrire celles de mes notes qui offriront quelque différence notable avec les indications fournies par MM. Le Play et Paillette (1).

J'aurai en outre à faire connaître quelques gisements de cuivre gris.

Calcaire métallifère.

Jusqu'à présent, j'ai désigné sous le nom de calcaire noir non fossilifère l'énorme chapeau calcaire qui forme les crêtes de la presque totalité des chaînes de second ordre du midi de l'Espagne. Dans la suite, je ne l'appelerai plus que *calcaire métallifère*.

Ce n'est pas que je prétende assimiler ce calcaire à la formation qui a reçu le même nom en Angleterre. Laissant de côté cette question, je me crois fondé à l'appeler ainsi, en raison de cette circonstance, que, ayant eu occasion de suivre, sur une étendue de 60 lieues, la puissante formation calcaire qui, dans le midi de l'Espagne, recouvre les schistes micacés et talqueux soulevés

(1) N^os des *Annales des mines* déjà cités.

parallèlement à la Sierra-Nevada, je n'ai pas pu retrouver à ce calcaire un signalement plus tranché, plus uniforme, je dirai même plus constant, que celui qu'il doit à la présence de la galène pauvre en argent. Ce caractère m'a paru plus général encore que celui qu'on pourrait déduire de la direction des couches.

L'étendue que j'assigne au calcaire métallifère dépasse un peu les limites qu'on a coutume de lui attribuer; cependant j'ai l'assurance qu'il n'y a rien à en retrancher. Il ne serait même pas impossible qu'on eut à rattacher à cette formation quelques recherches de galène entreprises aux environs de Malaga, dont j'ai entendu parler, sans les voir, mais qui, m'a-t-on dit, n'ont pas été complétement infructueuses.

Caractères de l'extrémité O. du calcaire métallifère.

Ce que je puis affirmer, c'est que le calcaire métallifère existe aux environs de Velez de Benandalla. On y exploite des mines de galène qui alimentent deux petites fonderies appartenant à Don José Burgos, propriétaire et industriel de Motril, dont je ne peux pas me rappeler l'accueil cordial sans gratitude.

Ces mines, de peu de valeur, ressemblent tellement à la Cérès et à la Santa-Catarina, des environs de Carthagène, qu'on a peine à croire que 60 lieues les séparent.

J'attache assez d'importance à cette similitude pour ne pas juger hors de propos de dire un mot du Pozo del Trueno, celle de ces mines qui est la plus rapprochée de Motril.

Le Pozo del Trueno (Puits du Tonnerre) est ouvert dans le calcaire noir, au sommet d'une montagne escarpée, dont la base est composée de schistes micacés gris, à la partie supérieure des-

quels existent quelques bancs minces de schiste talqueux blanc, bien caractérisé.

Quelques-uns des bancs talqueux contiennent des traces de cuivre gris, disséminé dans le sens de la stratification.

En montant à la mine, on marche sur la tranche du terrain. La direction des couches paraît être E.O. avec pente vers le N. La côte à gravir devient sensiblement plus roide lorsqu'on atteint le calcaire. Celle-ci est compacte, à pâte très-fine et d'un bleu noirâtre.

On voit quelques couches sillonnées de veines spathiques ou de crevasses irrégulières, remplies d'une terre ferrugineuse. Des fouilles ont été entreprises sur ces indices et poussées, sans succès, à une dizaine de mètres de profondeur. Les traces de chaux spathique et les crevasses remplies de terre ferrugineuse sont groupées dans le sens des couches, et ne s'étendent pas indistinctement partout.

Plus haut, on rencontre successivement trois puits qui ont atteint le minerai à 56,75 et 80 varas de profondeur. C'est le plus haut placé de ces puits, qui a eu le plus bas à descendre.

La veine exploitée n'a pas plus de 50 à 60 centimètre de puissance : elle se compose de chaux carbonatée lamellaire, blanche, adhérente à la roche encaissante et contenant des rognons allongés de galène disséminés de manière à former une veine non continue, d'épaisseur variable.

L'ensemble du gîte a très-distinctement et la direction des couches, et leur pendage de 35 à 40°. Toutefois, j'ai observé dans le toit une crevasse à parois rugueuses, dans laquelle la veine se contournait, en conservant, sur quelques mètres d'é-

tendue, la puissance et les caractères de la veine principale, de manière à présenter, en ce point, un changement de direction de près de 90°, sans variation notable de pente. La veine, étranglée à l'ouest de la crevasse, reparaissait plus loin avec sa direction générale.

Une terre ferrugineuse, âpre au toucher, se montrait dans quelques géodes béantes au milieu de la chaux spathique; mais elle était plus abondante encore dans les crevasses du toit, ce qui facilitait l'abatage de cette partie du gîte.

Je n'ai pas observé de fragments de la roche encaissante, empâtés dans la chaux carbonatée lamellaire, comme à Carthagène, dans la Cérès.

Un peu au nord du Pozo del Trueno, on m'a montré, à la base du calcaire, un conglomérat analogue à celui dont il a déjà été question plusieurs fois, remarquable en ce qu'il avait donné lieu, m'a-t-on assuré, à une petite exploitation de galène.

Il paraît donc établi que les gîtes minces de galène non argentifères, observés dans le calcaire noir, aux deux extrémités de la formation, sont nettement disposés dans le sens des couches avec un ensemble de manière d'être propre aux filons, savoir la nature cristalline de la gangue et l'empâtement de fragments de la roche encaissante.

J'avoue que, abstraction faite de la puissance des gîtes, je n'ai pas vu autre chose dans la Sierra de Gador.

Pour ce qui est de l'identité des deux gisements de la Cérès et du Pozo del Trueno, elle est sans doute moins évidente à la description qu'à l'inspection des lieux; aussi ajouterai-je qu'il n'est pas jusqu'à la crevasse remplie de minerai, signalée

au toit du Pozo del Trueno, dont on ne puisse citer un exemple dans la Sierra de Carthagène. Je trouverais cet exemple dans la mine la Exploradora, où, suivant M. Sauvage, la galène compose deux filons, dont l'un plonge au N., l'autre à l'O. Or, je sais que la Exploradora est dans le calcaire; c'en est assez pour que j'aie de la peine à ne pas voir, dans la veine O., une image de la crevasse du Pozo del Trueno, accident que nous allons retrouver dans tous les gîtes analogues.

La Sierra de Gador, qui est particulièrement célèbre par sa richesse en minerai de plomb, est un chaînon parallèle à la Sierra Nevada, dont il n'est séparé que par une vallée de peu de largeur. Ce chaînon s'étend d'Almeria à Berja, sur une longueur de 40 kilomètres. Il a 10 kilomètres environ de largeur. Sierra de Gador.

Bien que toute la montagne soit métallifère, les gisements les plus importants sont concentrés dans une étendue de 25 kilomètres carrés au N. E. de Berja, dans la région culminante du chaînon, à 2.000 mètres au-dessus du niveau de la mer, en face des sommets les plus élevés de la Sierra Nevada.

C'est là que se trouvent *la Loma del Sueño*, et *le Collado de los Valientes*, deux collines où gisent la mine de Baja dans la première, la mine de Santa-Suzanna dans l'autre.

La mine de Baja est la plus ancienne des Alpujarras (1); c'est en même temps celle qui a eu la plus grande importance. On m'a assuré qu'elle a occupé jusqu'à 2.000 ouvriers. Mais elle s'épuise, et

(1) On m'a assuré qu'on avait trouvé, dans la Baja, des traces d'exploitation par le feu, et qu'il existait des scories anciennes dans le voisinage.

je n'y ai vu que 40 mineurs et 90 autres ouvriers, tant extracteurs que préparateurs de minerai.

Cette mine produit annuellement de 700 à 900.000 kilogrammes de minerai propre à la fusion, c'est-à-dire, capable de rendre en grand environ 67 p. 100 de plomb.

La mine de Santa-Suzanna est actuellement la plus prospère. Lors de mon passage, sa production mensuelle se soutenait depuis quelque temps sur le pied de 150.000 kilogrammes de minerai propre à la fusion (1).

Il paraîtrait que la mine de Baja a atteint des productions plus considérables encore.

Décadence des mines des Alpujarras.

Du reste, les mines des Alpujarras sont loin d'être en voie de prospérité. Je tiens de l'*Encargado* de la Baja, Don Tesifon Dotès (qui m'a montré tous les détails de son exploitation avec une rare obligeance) que les mines de la Sierra de Gador, où 10.000 ouvriers trouvaient de l'emploi il y a vingt ans, en comptent à peine 3.000 aujourd'hui. C'est à l'appauvrissement des gîtes et non à la dépréciation du produit qu'il attribue cette réduction du travail (2).

Je n'ai pas pu me procurer le chiffre officiel de la production de 1844, mais l'inspecteur des

(1) La neige force de suspendre le travail des principales mines de la Sierra de Gador pendant les mois de décembre, janvier et février.

(2) Pris sur le carreau de la mine, les minerais de la Sierra de Gador valent :

Pour recio et garbillo bueno. . . . . 9 réaux l'arrobe, soit un peu plus de 20 fr. par 100 kil.

Pour garbillo inférieur. . . . . 6 à 7 *id.*

Pour polvo. . . . . 5 à 6 *id.*

Le prix du recio s'était élevé accidentellement à 11 réaux pendant l'été de 1845, par suite de concurrence entre les trois plus importantes fonderies d'Adra.

mines de la province de Grenade a bien voulu me donner communication du chiffre de 1843. Pendant cette année, on a exporté par Almeria, Roquetas, Adra et Motril 15.700.000 kilogrammes de plomb et 1.560.000 kilogrammes d'alquifoux. Ces chiffres donnent la production de toute la région métallifère, car il n'y a pas de consommation intérieure notable.

La production a encore diminué depuis cette époque.

Or, M. Le Play donnait 23.400.000 kilog. de plomb pour le chiffre de la production de 1823; c'est-à-dire, trois ans après les premières entreprises, et 37.400.000 kilog. pour 1827, époque de la plus grande activité des mines. En 1839, ce chiffre énorme était déjà réduit à 27.000.000 kil. de plomb, et 1.380.000 kil. d'alquifoux; mais on ne signalait pas encore de décadence: aujourd'hui elle est des plus prononcées.

Cependant les plombs se soutiennent sur le marché européen à des prix élevés. Il y a donc lieu de croire que l'impuissance des producteurs est bien réelle, et comme le nombre infini des fouilles entreprises dans toute l'étendue de la région métallifère, pendant les 25 dernières années, ne permet guère de compter désormais sur des découvertes importantes, il semble que l'Espagne ne doit plus conserver l'espoir de voir revenir ces temps de production prodigieuse qui effraya tant les usines à plomb du continent, il y a 15 ans.

Manière d'être des gîtes.

Les gîtes de galène, dans le calcaire métallifère du midi de l'Espagne, ont cela de singulier, que, malgré leur extrême abondance, ils ne présentent que de fort rares affleurements. On peut même dire qu'en général, le minerai n'existe qu'à une assez grande distance de la surface, bien que

gîte, mais affectées, d'ailleurs, de toutes sortes de directions. Je n'ai pas eu occasion de voir de ces crevasses au mur des amas. On m'a assuré qu'il s'en trouvait en tout sens.

Dans une crevasse, qui avait plus de 1 mètre de puissance, la paroi du mur était tapissée d'une épaisse croûte de chaux carbonatée à teintes ferrugineuses variées, ondulant parallèlement aux inégalités de la paroi. Des stalactites de même couleur pendaient au toit.

Ces crevasses sont habituellement remplies de terre ferrugineuse, au milieu de laquelle on trouve quelquefois des rognons de galène.

Mine de Santa-Suzanna.

La mine de Santa-Suzanna a moins de puissance que la Baja. Mais dans ses 3 à 5 varas d'épaisseur, elle ne contient pas moins de galène que celle-ci. Ce n'est qu'aux dépens de la chaux carbonatée lamellaire que la veine se trouve réduite : j'y ai observé, en petite quantité, du plomb carbonaté et de la chaux fluatée violette au contact de la galène.

Le minerai a été atteint, dans cette mine, à la profondeur de 60 varas, par un puits vertical.

Le Cullado de los Valientes, où se trouve la Santa-Suzanna, recèle, sur une étendue de 700 varas, des rognons de galène incontestablement disposés dans le sens des couches. C'est la plus grande étendue productive que j'aie entendu citer dans toute la formation du calcaire métallifère. Car ce n'est pas la continuité qui distingue ces gîtes singuliers.

Difficultés d'obtenir des renseignements.

Personne n'a pu me fournir le moindre renseignement sur la forme des amas métallifères. Je dirais volontiers que, dans le midi de l'Espagne en général, on a trop d'indifférence pour tout ce qui touche à l'étude de la manière d'être des gîtes. Il m'a semblé que le système d'exploitation suivi

s'en ressentait. J'ai cru entrevoir que les difficultés croissaient assez avec l'approfondissement des travaux, pour qu'on dût se laisser aller à ne pas mettre toute la persévérance désirable dans la poursuite du minerai, lorsqu'il disparaît dans la profondeur. Je serais porté à attribuer une bonne partie des difficultés qu'on éprouve, à cette circonstance singulière que, dans la Sierra de Gador particulièrement, c'est presque exclusivement par puits, jamais par galeries, qu'on cherche à atteindre le minerai. Il peut se faire que cette disposition soit favorable au système de préparation mécanique usité, comme on le verra plus loin, mais je ne serais pas étonné que l'exploration et, par suite, la connaissance du terrain en souffrît considérablement.

On voit combien il reste à faire pour l'étude de la manière d'être des minerais de la Sierra de Gador. Les rares plans de mines qui existent ne sauraient rien apprendre; ils sont uniquement dressés en vue de rapporter, dans l'intérieur, les limites superficielles des concessions.

Les ingénieurs espagnols que j'ai vus s'occupent peu de ces sortes de questions, qu'on a trop souvent le tort de qualifier de théoriques. Elle paraissent oiseuses aux exploitants, et ceux des ingénieurs royaux qui en apprécient l'importance, relativement à la bonne conduite des recherches et des exploitations, ces ingénieurs se plaignent d'être obligés de sacrifier tout leur temps à l'établissement des bornages incessamment réclamés, de tous côtés, par une foule d'exploitants nouveaux.

Ce n'est qu'en raison de cette pénurie de renseignements précis sur l'un des gisements métalliques les plus remarquables, que je me suis décidé à pu-

blier ces notes incomplètes. Ainsi, sans vouloir discuter l'exactitude des noms d'*amas irréguliers* ou *d'amygdaloïdes à pâte calcaire*, dont MM. Hausmann et Le Play se sont servis pour définir les gîtes de la Sierra de Gador, j'aurai atteint mon but, si j'ai apporté un degré de précision de plus dans l'intelligence de la chose, et surtout si je suis assez heureux pour provoquer des investigations plus précises.

Minerais de cuivre.

La description des gîtes cuprifères de la côte méridionale de l'Espagne ne saurait être longue. Ces gîtes paraissent être sans importance industrielle, et je ne les cite que parce qu'ils offrent, avec les amas gypseux et les gisements de galène précédemment décrits, un trait de plus qui achève de caractériser l'homogénéité remarquable de toute la formation métallifère que j'ai parcourue.

Sous ce rapport, les sources thermales, les sources salées, les dépôts de soufre, des provinces de Murcie, de Grenade et de Séville, ne seraient pas moins dignes d'intérêt. Il conviendrait, à plus forte raison, de ne point passer sous silence le fer oxydulé dont MM. Pellico et Maestre ont signalé un gros filon dans la Sierra Cabrera, au voisinage de Vera, et dont on connaissait depuis longtemps d'admirables gisements à Marbella, entre Malaga et Gibraltar.

Ces deux derniers gîtes méritent particulièrement une grande attention, tant à cause de l'importance des usines de Malaga que le dernier alimente (voir, *Ann. des mines*, 4e série, t. VIII, p. 595), qu'en raison de cette circonstance, qu'accompagnés l'un et l'autre de roches vertes (dont il importerait de connaître exactement la nature), ils

me paraissent situés sur une ligne sensiblement parallèle à la fois à la direction générale des couches du pays et à l'alignement des célèbres mines de fer analogues du nord de l'Europe.

Mais je doute que ces différents gîtes, qui ne se sont pas trouvés sur mon itinéraire, forment une ligne géologique aussi continue que les gisements cuivreux. En effet, d'Orihuela à Grenade, ceux-ci se montrent partout où la formation schisteuse est à découvert.

Le peu de concentration et le défaut de suite des minerais de cuivre dans ces gisements sont cause qu'on n'en a guère exploré que les affleurements.

Ces affleurements présentent le métal, les uns à l'état de cuivre gris; ce sont, à beaucoup près, les plus abondants; les autres à l'état de cuivre carbonaté bleu et vert, clair-semé dans de l'hydroxyde de fer. J'ai eu occasion de voir ces deux variétés. Deux variétés d'affleurements.

Les premiers se trouvaient dans le schiste talqueux, dont ils suivaient la stratification. Je n'ai qu'une observation relative aux autres; c'était dans la dolomie que serpentait la veine ferrugineuse semée de minerai de cuivre.

Les cuivres gris sont quelquefois riches en argent. M. Noir en a essayé qui tenaient de 0,00450 à 0,00490 d'argent pour 0,10 à 012 de cuivre. Les échantillons essayés appartenaient à la mine *Casualidad*, dans la Sierra de Velez de Rubis, au S. de Lorca. Mais la teneur en fin est très-variable, et la mine *el Sol*, dans la même Sierra, n'a donné que 0,00090 argent pour 0,26 de cuivre. M. Sauvage n'a même trouvé que des traces d'argent dans le cuivre gris de la mine l'*Espanto*, appartenant à la Sierra de Carthagène.

Le nom de cuivre gris est si vague, qu'il ne représente nullement la composition des minerais auxquels on l'applique. J'ai pris pour des bournonites, c'est-à-dire pour des cuivres gris plombeux, ceux que j'ai eu occasion de voir.

C'est particulièrement d'Adra à Motril, que les affleurements cuivreux m'ont paru fréquents. Tous ceux que j'ai vus étaient accusés de loin par la couleur blanche et l'éclat nacré de la couche talqueuse qui les contenait.

Les gîtes les plus notables se trouvent aux environs de Motril. Celui d'entre eux qui a donné lieu aux travaux les plus importants est situé au N. E. de cette ville : il est connu sous le nom de *Mina de Calunca*.

Le minerai paraît exister dans cette mine en lentilles inégales et de médiocre étendue, clairsemées, dans une couche talqueuse, qui pend de 45° environ vers le S., et qui affleure à mi-côte d'une colline entièrement schisteuse. Sur une étendue de 300 mètres, on voit 10 fouilles entreprises sur les affleurements que caractérisent des taches bleues, vertes et noires, adhérentes soit au schiste talqueux blanc, soit à des lentilles de quartz enchâssées dans le schiste. Deux seulement de ces fouilles ont été poussées à une certaine profondeur : elles sont situées à l'extrémité E. et sur le point le plus élevé de la ligne des affleurements : un intervalle stérile de 20 mètres seulement les sépare. Ces ouvrages consistent en deux descenderies ayant 40 et 60 varas de profondeur. La plus profonde est noyée : on m'a assuré que le fond tenait encore du minerai. Dans l'autre, je n'ai vu qu'un petit amas lenticulaire prenant naissance à une dizaine de mètres du jour, et se prolongeant dans la profondeur sur 15 mètres au plus.

Au delà, l'approfondissement de la foncée ne présentait pas le moindre indice de minerai ; c'est à peine si l'on reconnaissait la trace de la couche métallifère, accusée par une veine quartzeuse qui faisait suite au minerai et se réduisait bientôt elle-même à rien.

La plus grande épaisseur de la lentille ne dépassait pas $0^{m},20$. Bien que d'importance minime, de pareilles lentilles paraissent être fort rares. Il ne me semble pas qu'on en ait rencontré plus de deux dans toute l'étendue explorée. Le reste de celles qu'on a trouvées, en bien petit nombre, se compose de petits rognons enveloppés de talc, que la main pourrait embrasser.

Le cuivre gris est habituellement associé avec du quartz blanc laiteux : il contient quelques mouches de pyrite cuivreuse, et sans doute de la pyrite de fer : je le suppose, pour avoir trouvé, dans les déblais provenant des affleurements, quelques morceaux d'hydroxyde de fer brun.

Le minerai de la Calunca passe pour être riche en argent.

Opinion sur la mine principale.

Une galerie d'écoulement est nécessaire à la continuation des travaux de cette mine : son établissement serait peu coûteux. Moyennant une quinzaine de mille francs, un ouvrage de ce genre permettrait de reconnaître le gîte sur 300 mètres de longueur, à une profondeur de 75 à 100 mètres au-dessous du point culminant du coteau. Mais on s'occupe de bien autre autre chose : on colporte à Londres, à Paris, à Marseille, etc., des échantillons choisis, et c'est à la création d'une société puissante que l'on songe, pour arriver, je le suppose, à constater, d'une manière plus éclatante, qu'il n'y a rien à attendre de ce gîte.

Cette histoire est celle de bien des mines en Espagne et ailleurs.

L'autre mine dont j'ai à parler est située sur la rive opposée du fleuve auquel la plaine de Motril doit son admirable fertilité (1). On y arrive, en cheminant dans le lit du fleuve lui-même, qui s'est ouvert un passage au milieu de roches calcaires présentant des escarpements à pic de plus de 100 mètres de hauteur. La mine est connue sous le nom de *Columba*. Elle gît au milieu des masses puissantes de dolomie cristalline, d'un blanc sale, à stratification confuse, dont il a été question au commencement de cette note.

On dirait que la veine métallifère est disposée dans le sens des couches : elle embrasse une puissance de 2 mètres, qui se compose de la roche encaissante, sillonnée de veinules d'hydroxyde de fer terreux, rouge et jaunâtre. La puissance totale de ces veinules réunies atteint à peine $0^m,20$ là où elles sont le plus prononcées. Elles serpentent dans la dolomie, en oscillant autour d'une direction régulière, que j'ai estimée E.O. sans bous-

(1) On y cultive en grand la canne à sucre, le cotonnier, la patate, etc. Le laurier-rose abonde dans les vallons incultes. On voit d'ailleurs ce charmant arbrisseau dans toutes les *ramblas* du midi de l'Espagne, à partir de Murcie. C'est à peu près le seul bois du pays : aussi est-il coupé annuellement pour le chauffage domestique des campagnes, et pendant l'été il ne se montre qu'à l'état de jeunes pousses tendres, de hauteur médiocre, mais très-touffues et chargées d'une merveilleuse profusion de fleurs roses. A Grenade, dans les jardins du Généralife, on voit d'énormes lauriers à fleurs blanches. La rencontre de ces jardins naturels de lauriers roses, au milieu de l'aridité des plaines non arrosées et de la nudité désespérante des montagnes, forme le seul plaisir des yeux promis au géologue qui explore les gîtes métallifères du midi de l'Espagne.

sole. Ces veinules se renflent parfois et donnent lieu à des espèces de ganglions ferrugineux, à bords déchiquetés (Voir *Pl. II*, *fig.* 7).

Le cuivre se montre au milieu de l'hydroxyde de fer en petits cristaux de carbonate bleu et vert peu abondants. Quelques fissures irrégulières de la dolomie renferment, en outre, des taches bleues : je n'en ai pas observé de vertes.

Les travaux faits sur ce gîte se réduisent à une sorte de tranchée ouverte sur l'affleurement lui-même, qu'elle suit du haut du coteau à sa base, sur une longueur de 60 mètres environ. La partie la plus profonde de cette excavation à ciel ouvert n'a pas plus de 4 à 5 mètres. A en juger d'après les apparences actuelles, on croirait que les faibles indices dont j'ai parlé vont en s'amincissant dans la profondeur.

Ce gîte me paraît être sans importance.

Je crois néanmoins avoir fait connaître les deux principales mines de cuivre de Motril. Diverses autres mines.

On en cite plusieurs autres, moins encore peut-être dans le pays qu'à Marseille ; mais je pense que, pour croire à leur importance, il ne faut pas les voir.

Je ne mentionnerai que pour mémoire les sables aurifères de Grenade, qui ne sont plus exploités, mais dont les récits espagnols disent des merveilles, et une nouvelle mine de mercure qui met en émoi tout le pays, d'Almeria à Cadix, bien qu'on n'en connaisse que quelques fragments roulés, découverts dans je ne sais quelle *rambla* de l'Andalousie.

Je n'ai cherché à visiter ni l'un ni l'autre de ces gisements, fatigué d'exagérations incroyables qui avaient été déjà pour moi l'objet de plus d'un mécompte, et préférant donner le peu de temps

que j'avais aux charmantes fantaisies architecturales de l'Alhambra (dont les ornementations sont en plâtre moulé, pour le dire en passant) et aux brillants restes de la splendeur espagnole que Séville et Madrid renferment en si grand nombre.

Observations générales.

Pour qui aurait pu étudier avec tout le soin nécessaire les terrains où sont répandus, avec tant de profusion, des minerais de nature si variée, il y aurait lieu, sans doute, d'établir les relations d'âge qui peuvent exister entre les différents gisements que j'ai fait connaître.

Je me contenterai de faire remarquer :

1° Que tous ces gisements appartiennent à deux systèmes de direction, perpendiculaires l'un à l'autre, qui comprennent, ce me semble, la majeure partie des gîtes métalliques connus, savoir : un système N.S. et un système E.O ;

2° Qu'ils peuvent être considérés comme étant tous en rapport avec des roches vertes, trop mal étudiées sans doute, pour qu'on puisse admettre leur identité, mais qui ne doivent pas être sans rapport avec le grand nombre de roches de cette couleur, qu'on trouve presque partout, comme une sorte d'accompagnement nécessaire de la plupart des gisements célèbres ;

3° Que la constante pauvreté de la galène qui occupe la partie supérieure de la formation métallifère et l'inégale richesse en argent des autres minéraux plombeux qui se trouvent au-dessous, autorisent à rechercher si le rapport de l'argent et du cuivre, au plomb, dans ces gisements, n'est pas soumis à une loi telle, que ce rapport varie, soit avec l'âge, soit avec la position géologique du gisement.

(La suite à un prochain numéro.)

RESULTATS

Des essais faits dans les mines de Saint-Etienne et de Rive-de-Gier, avec la lampe de sûreté à cylindre en cristal, de M. Dumesnil, modifiée par MM. Combes et Lefrançois (1).

Par MM. MOEVUS et JACQUOT, Ingénieurs des mines.

Conformément aux instructions ministérielles, nos observations ont principalement porté sur les deux points suivants :

1° Si elle était facilement transportable;

2° Si elle pouvait servir à l'éclairage des piqueurs pendant cette journée entière, de 8 heures de travail, dans des chantiers plus ou moins aérés (2).

Nous nous sommes, à plusieurs reprises, servis de cette lampe dans nos visites de mines, et nous avons reconnu qu'elle était facilement transportable : quelques-unes de ces visites n'ont pas duré moins de 5 à 6 heures. La lampe a été portée pendant ce temps, soit dans les puits, soit dans des galeries plus ou moins aérées. Dans les puits servant à la descente ou à la remonte de l'air, la

(1) Voyez, pour la description de cette lampe, la notice de M. Lefrançois, *Annales des mines*, 4° série, t. VII, p. 379-388, et la *Pl. XI* du même volume.

(2) La sûreté de la lampe dans une atmosphère explosive était déjà démontrée par les expériences de M. Lefrançois dans les mines de houille du Gard, et par celles qui ont été faites par M. Combes dans des mélanges d'air et de gaz pour l'éclairage provenant de la distillation de la houille.

lampe ne s'est jamais éteinte. Dans les galeries, nous avons remarqué qu'elle donnait, même après 6 heures d'usage, une lumière beaucoup plus vive que les lampes ordinaires de sûreté employées dans les mines de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier; cependant, dans quelques chantiers très-chauds et mal aérés, la lumière a faibli là où d'autres lampes conservaient une clarté assez vive; nous attribuons cet inconvénient au peu de largeur des mailles du treillis, lesquelles ne permettent pas à l'air de passer en assez grande quantité pour alimenter la combustion. Nous pensons qu'on pourrait y remédier en se servant de treillis moins serrés analogues, par exemple, à ceux qui forment les lampes ordinaires de Davy (1). Un des avantages de la lampe nouvelle est de ne point s'éteindre quand on la porte dans des courants d'air très-vifs.

A la fin de chacune de nos visites, nous avons examiné au jour le cylindre en cristal, et nous avons reconnu qu'il était légèrement noirci par la fumée; mais seulement dans la partie la plus élevée. Le dépôt qui s'était formé est certainement

(1) La gaze métallique, qui est traversée par l'air qui alimente la combustion dans la lampe mise en expérience par MM. Mœvus et Jacquot, était très-fine : elle avait de 150 à 200 ouvertures au centimètre carré. Avant d'y substituer une gaze moins serrée, il faudrait avoir soin de déterminer par des expériences directes, jusqu'à quel point les orifices peuvent être agrandis, sans que la flamme puisse se propager au travers, dans un courant d'air fortement explosif; il y a lieu de croire qu'un treillis métallique qui ne serait pas plus serré que celui qu'on emploie pour les lampes de Davy ordinaires, serait insuffisant ici.

Ch. Combes.

dû aux oscillations inévitables pendant le transport dans des passages souvent très-accidentés. Il est hors de doute que la substitution d'une cheminée plus évasée par la base aurait fait disparaître ce léger défaut. Nous pensons qu'on devra apporter cette modification aux lampes destinées à être transportées. C'est là une modification de détail qu'on pourra essayer sans difficulté ; nous ne l'avons pas faite parce que l'inconvénient ne nous a pas semblé assez grave. Nous estimons que, telle qu'elle est, la lampe peut servir avec avantage aux contre-maîtres et aux ouvriers chargés de la surveillance des travaux.

La lampe a été aussi remise entre les mains de piqueurs, dans des chantiers plus ou moins aérés. Ces ouvriers en ont été généralement satisfaits; ils ont trouvé qu'elle donnait au commencement beaucoup plus de clarté que les lampes ordinaires de Davy, et qu'à la fin du travail, bien que le cylindre en cristal fût un peu noirci, elle avait encore l'avantage sur ces dernières. Les boiseurs ont aussi reconnu qu'elle éclairait beaucoup mieux le toit et rendait leur travail plus facile. Les expériences ont généralement duré pendant l'espace d'une journée de travail de 12 heures. On a remarqué que le réservoir n'était point assez spacieux, ne pouvait contenir de l'huile que pour 7 heures 1/2 à 8 heures. A la fin du travail, les lampes ont été ouvertes, et on a remarqué que les treillis de celles qui avaient brûlé dans des chantiers mal aérés, où le charbon en tombant produisait beaucoup de poussière, étaient rétrécis par un mélange d'huile et de poussière. Dans aucun cas, l'obstruction n'a été assez considérable pour arrêter totalement l'air et empêcher la combustion.

En résumé, nous pensons que la lampe, telle qu'elle est, peut être mise avec avantage entre les mains des surveillants des travaux et des piqueurs; mais que, pour la rendre d'un usage plus commode dans les mines de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier, il faut agrandir le réservoir d'huile et confectionner le disque qui donne passage à l'air avec des toiles à mailles moins serrées (1).

---

(1) L'agrandissement du réservoir à huile, et l'évasement de la cheminée à son extrémité inférieure, sont des modifications que l'on pourra faire sans aucun inconvénient, là où on en sentira la nécessité; mais il n'en est peut-être pas de même du remplacement du disque en toile métallique par un disque d'un tissu moins serré; il faudra préalablement s'assurer, par des expériences directes, que le treillis à mailles plus larges ne laisse pas passer la flamme.

CH. COMBES.

NOTICE

Sur un accident survenu, le 15 décembre 1845, à une chaudière à vapeur employée dans la filature du sieur Bisset, à Pont-Faverger (Marne).

La chaudière à vapeur du sieur Bisset est en fonte ainsi que ses deux bouilleurs. Elle a été établie dans un petit bâtiment composé d'un simple rez-de-chaussée, et adossé au mur de la filature.

Chacun des bouilleurs de cette chaudière se compose de six anneaux en fonte de $0^m,15$ de diamètre intérieur, et de $0^m,20$ de longueur, emboîtés les uns dans les autres, avec mastic de fonte à la jonction; les extrémités du tuyau creux ainsi formé, sont fermées par deux disques reliés entre eux par une barre de fer rond de $0^m,019$ de diamètre, qui est placée dans l'axe du bouilleur; les disques s'appuient sur des écrous extérieurs. La barre maintient ainsi à elle seule tout cet assemblage. La chaudière avait été soumise le 24 mars 1845, à la pression d'essai quintuple (17 atm. 1/2) voulues par les règlements pour les chaudières de fonte, en présence du garde-mines de Reims, et l'épreuve avait bien réussi.

L'accident arrivé le 15 décembre 1845, vers 2 heures 1/2 de l'après-midi, est dû à la rupture de la barre de fer placée dans l'axe du bouilleur de gauche, rupture qui a eu lieu à l'endroit d'une soudure; les rondelles qui fermaient les extrémités

du bouilleur ont été projetées, chacune avec un morceau de la barre, dans des directions opposées; les anneaux dont le bouilleur était formé se sont disjoints, et la force expansive de la vapeur a démoli une moitié du fourneau; personne n'a été blessé.

S'étant rendu sur les lieux, M. l'ingénieur en chef des mines Reverchon a constaté en outre que la chaudière n'était pas pourvue des appareils de sûreté prescrits par l'ordonnance royale du 22 mai 1843; elle n'avait qu'une seule soupape de sûreté, dont la charge n'a pas été vérifiée après l'accident; il pense que la rupture de la barre de fer doit être attribuée à ce que cette barre était formée de deux parties réunies par une soudure. C'est précisément à l'endroit de cette soudure qu'elle a cédé.

M. Reverchon a conclu qu'aucune poursuite ne devait être exercée contre le sieur Bisset. Il a proposé au préfet de la Marne : 1° de prescrire le remplacement des barres de fer placées dans l'intérieur des bouilleurs par d'autres barres d'une seule pièce et sans soudures; 2° d'interdire l'usage de la chaudière du sieur Bisset, jusqu'à ce qu'elle eût été réparée, soumise de nouveau à la pression d'épreuve de 17 1/2 atm., et munie de tous les appareils de sûreté prescrits par l'ordonnance royale du 22 mai 1843.

La commission centrale des machines à vapeur, consultée par M. le sous-secrétaire d'état des travaux publics, après avoir pris connaissance des pièces et entendu le rapport du secrétaire M. Combes, adoptant les conclusions de ce rapport, a été d'avis que la rupture de la barre de fer, cause de l'accident, avait été vraisemblable-

ment occasionnée par les différences de dilatation entre cette barre et les parois du bouilleur sous l'action du foyer, plutôt que par un défaut de la soudure qui avait dû être exécutée avec soin. On remarquera que, lors de l'épreuve sous une pression de 17 atm. 1/2, la barre de fer avait dû supporter un effort de traction de $(15)^2 \times 0{,}811 \times 17{,}5 =$ 3.193$^{\text{kil.}}$,30. La section transversale de cette barre transversale était de 283$^{\text{mill. carrés}}$,53. La traction, lors de l'épreuve, a donc dû être de 11$^{\text{kil.}}$,26 par millimètre carré, charge insuffisante pour énerver une barre de fer de bonne qualité, quoiqu'elle dépasse notablement celle qu'ont à supporter à l'épreuve les tôles des chaudières cylindriques dont l'épaisseur est conforme à la table annexée à l'ordonnance royale du 22 mai 1843. Il est donc fort peu probable que la barre ait cédé, huit mois après l'épreuve, à la traction produite seulement par la tension de la vapeur, laquelle ne devait être que 1/5 de celle qu'elle avait supportée à l'épreuve, et qui était en tous cas bien inférieure à celle-ci. D'un autre côté, l'effort de traction supporté par une barre de fer placée comme le sont celles qui relient les pièces des bouilleurs de la chaudière du sieur Bisset, pourra être très-notablement augmentée, si cette barre n'occupe pas exactement l'axe du bouilleur.

Par ces motifs, la commission a pensé que le mode de construction et d'assemblage des bouilleurs de la chaudière était vicieux et ne devait plus être toléré. Elle a été d'avis qu'il y avait lieu, de la part de M. le ministre des travaux publics, d'inviter M. le préfet de la Marne à prescrire au sieur Bisset de substituer aux bouilleurs en fonte de sa chaudière, des bouilleurs en tôle clouée, ou au

moins des bouilleurs en fonte d'une seule pièce et fermés par une plaque autoclave, comme les bouilleurs ordinaires.

Cet avis a reçu l'approbation de M. le sous-secrétaire d'état, qui a décidé que la présente notice serait insérée dans les *Annales des mines* et dans les *Annales des ponts-et-chaussées*.

MÉMOIRE

Sur la fabrication et le commerce des fers à acier dans le nord de l'Europe, et sur les questions soulevées depuis un siècle et demi par l'emploi de ces fers dans les aciéries françaises.

Par M. F. LE PLAY, Ingénieur en chef des mines, Professeur de métallurgie à l'École Royale des Mines.

NOTE PRÉLIMINAIRE.

Les *aciers naturels* sont produits à peu près comme les fers ordinaires, par un affinage au charbon de bois, au moyen de *fontes à acier* qui proviennent elles-mêmes de minerais d'une nature toute particulière. On fabrique, dans la plupart des groupes de forges de l'Europe, des aciers naturels de qualité inférieure destinés à la consommation locale. Deux centres de production situés l'un en Prusse, sur la rive droite du Rhin, l'autre dans les provinces autrichiennes des Alpes, jouissent, depuis une époque fort reculée, d'une haute célébrité. Jusqu'au milieu du siècle dernier, les aciéries du Rhin et des Alpes fournissaient seules aux nations commerçantes les qualités supérieures d'acier.

Les *aciers cémentés* proviennent de certains fers forgés, maintenus pendant plusieurs jours, au contact du charbon de bois, sous l'influence d'une haute température, dans de grandes caisses réfractaires hermétiquement closes. Les *fers à acier*, c'est-à-dire, les fers malléables éminemment propres à produire de l'acier par voie de cémentation, doivent, comme les aciers naturels, leurs propriétés caractéristiques aux minerais dont ils proviennent : ils sont également préparés au moyen du charbon de bois, par des méthodes analogues à celles qui produisent le fer ordi-

naire. Jusqu'à ce jour, les fers à acier de qualité supérieure n'ont été fournis que par certaines forges situées dans le nord de l'Europe et particulièrement en Suède. Le principal groupe d'aciéries de cémentation situé dans le comté de Yorkshire en Angleterre, s'est toujours appliqué, d'une manière spéciale, à élaborer les fers à acier du Nord ; vers le milieu du dernier siècle, il a commencé à lutter sur les marchés neutres avec les aciéries du Rhin et des Alpes ; il est aujourd'hui parvenu au premier rang, aussi bien pour la quantité que pour la qualité des produits.

Les aciers naturels et cémentés ne peuvent guère être employés, dans l'état où ils sortent des feux d'affinerie ou des caisses de cémentation. Les grosses barres d'acier naturel sont d'abord étirées en barres minces, au moyen du marteau ; celles-ci, réunies en grand nombre dans un seul paquet, sont réchauffées et étirées en barres qui prennent le nom d'*acier une fois corroyé*. Le même travail répété une ou deux fois, produit les aciers *deux fois* et *trois fois corroyés*. Les bons aciers cémentés bruts, incomparablement plus homogènes que les aciers naturels, sont rarement corroyés : on se contente ordinairement de les soumettre à un ou deux étirages successifs, selon la dimension que l'on veut donner aux barres d'acier : dans cet état, on les nomme *aciers cémentés étirés*.

Les aciers les plus purs et les plus homogènes se fabriquent par voie de fusion. Les meilleurs *aciers fondus* se préparent avec certains aciers cémentés, cassés en fragments, et chauffés dans des creusets, à la plus haute température qui se produise dans les arts usuels. L'acier fondu, coulé en lingots, est ensuite étiré en barres, et c'est à cet état seulement qu'il est livré au commerce. Ce sont surtout les aciers fondus fabriqués en Yorkshire avec les fers de Suède, qui ont établi sur tous les marchés neutres la supériorité des *aciers anglais*.

Les aciers naturels sont particulièrement soudables et malléables ; ils conservent très-bien la propriété aciéreuse, malgré l'influence d'une série de chaudes successives. Ils conviennent donc spécialement à tous les usages dans lesquels ces propriétés sont mises en jeu, et ils peuvent être travaillés par les ouvriers les moins exercés. Les aciers cémentés étirés et surtout les aciers fondus, se distinguent par la pureté, l'homogénéité et la dureté ; élaborés par des ouvriers habiles, ils fournissent aux arts qui servent de base à la civilisation moderne, des moyens d'action supérieurs à ceux qu'on peut tirer des aciers naturels et de tous les produits connus jusqu'à ce jour.

Les pays qui disposent des *minerais d'acier* s'en réservent ordinairement l'élaboration : il serait d'ailleurs peu rationnel que les nations commerçantes recherchassent une matière première qui ne rend guère que 40 pour 100 de produit utile. Les *fontes à acier*, qui ne donnent que 75 pour 100 d'acier brut, doivent également, dans une bonne distribution du travail, être affinées sur place. Il en est tout autrement des *fers à acier*, puisque ceux-ci rendent poids pour poids d'acier cémenté : la propriété aciéreuse y étant concentrée dans le moindre poids de matière, le transport de celle-ci, depuis le lieu de production jusqu'à l'aciérie, n'entraîne aucun travail improductif. Le fer à acier est donc la matière première par excellence de toutes les contrées industrielles qui ne trouvent point le minerai d'acier dans leur propre sol. Cette idée simple et féconde, appliquée depuis deux siècles avec une admirable persévérance, a porté au premier rang les aciéries du Yorkshire : elle a, en outre, puissamment contribué à fonder, durant cet intervalle, la suprématie industrielle et commerciale de la Grande-Bretagne.

Les questions traitées dans ce mémoire ne concernent point les aciers naturels ; elles se rapportent exclusivement

aux fers à acier et par suite à la fabrication des aciers cémentés et des aciers fondus.

PRIX DES 100 KILOGRAMMES D'ACIER, *sur le lieu de production, en barres carrées de 5 à 6 seizièmes de pouce anglais. (Section transversale de 64 à 92 millimètres carrés.)*

ACIERS ÉTRANGERS.

	fr.		fr.
Aciers naturels des Alpes une fois corroyés (les qualités supérieures)	55	à	60
Aciers cémentés fondus anglais (fers de Danemora de premier rang)	170	à	190
Idem... (fers du Nord de troisième rang)	120	à	130
Aciers cémentés étirés anglais (fers de Danemora de premier et de deuxième rang)	80	à	115
Idem... (fers du Nord de quatrième rang)	55	à	60
Aciers cémentés étirés suédois : à bord des navires (fers suédois de quatrième et de cinquième rang)	34	à	38

ACIERS FRANÇAIS.

Aciers naturels de l'Isère une fois corroyés	83
Aciers fondus (fers du Nord de deuxième et de troisième rang)	230
Aciers cémentés étirés (fers des Pyrénées de cinquième rang)	80

(Voir, pour plus de détails, le Mémoire sur la fabrication de l'acier en Yorkshire, *Ann. des mines*, 4e série, tom. III, pages 583, 693, etc.)

INTRODUCTION.

Dans un mémoire publié il y a trois années (1), à la suite d'une série d'études sur les aciéries de France, d'Allemagne et de Grande-Bretagne, je me suis attaché à mettre en lumière un ensemble de faits qui n'avaient pas encore été rapprochés l'un de l'autre, et qui, pris isolément, étaient peu connus pour la plupart en dehors des ateliers où ils peuvent être observés et où depuis longtemps on sait en tirer profit. Ce travail avait pour objet de décrire les méthodes suivies dans le Yorkshire pour la fabrication de ces aciers célèbres, matière première d'une des plus grandes industries de la Grande-Bretagne, et qui, élaborés sous mille formes, entretiennent un important commerce avec les pays étrangers. Exposé des questions à traiter.

J'ai conclu des faits observés dans le Yorkshire

(1) Mémoire sur la fabrication de l'acier en Yorkshire, et comparaison des principaux groupes d'aciéries européennes (*Ann. des mines*, 4e série, tome III, p. 583).

que l'industrie des aciers, esssentiellement fondée sur l'élaboration des fers suédois, avait, comme plusieurs autres industries de premier rang, ses racines hors du sol britannique. J'ai fait remarquer que l'infériorité flagrante des aciéries françaises tenait uniquement à ce que celles-ci, mal informées sur les causes de la supériorité des produits anglais, s'étaient appliquées jusqu'ici à élaborer des matières de qualité inférieure provenant de minerais indigènes; que pour remédier à cet état de choses il suffisait de les placer dans les mêmes conditions que les aciéries anglaises. J'ai conseillé, en conséquence, d'admettre en franchise de droits les fers spécialement destinés à la fabrication des aciers de cémentation.

Ces vues ont attiré l'attention des assemblées législatives; pendant la dernière session cette question a été traitée successivement par M. Victor Lanjuinais devant la chambre des députés; par M. le lieutenant général Despans-Cubières devant la chambre des pairs. C'est l'une des trois questions sur lesquelles le gouvernement a appelé récemment les délibérations des conseils généraux de l'agriculture, des manufactures et du commerce.

Les adversaires du principe de la libre admission des fers à acier ont généralement fait abstraction du fait principal sur lequel était basée ma proposition; plusieurs d'entre eux ont émis, en ce qui concerne la fabrication, les propriétés et le commerce des fers à acier du nord de l'Europe, des assertions inexactes; tous enfin ont traité la question comme si elle s'agitait en France pour la première fois, et ont tiré de cette prétendue nouveauté de la question, un argument en faveur de la prolongation du régime imposé pour la

première fois aux aciéries indigènes, par la loi de douane du 21 décembre 1814.

En pareille matière, les erreurs et les exagérations n'ont rien qui doive étonner : il importe que les intérêts qui croient devoir repousser la réforme du tarif usent largement du droit de défense ; et il est naturel que les personnes chargées de cette mission ne se préoccupent pas uniquement de rechercher la vérité. Bien que ces adversaires de la réforme aient souvent fait allusion à l'opinion que j'ai émise, je n'ai pas cru jusqu'ici devoir intervenir dans la discussion : je n'ai point l'espoir de les convaincre, et je ne pense pas qu'il m'appartienne de les réfuter. Cette réserve m'a semblé d'autant plus convenable que les personnes qui ont mission de diriger ces débats et de défendre l'intérêt public pouvaient au besoin disposer des résultats de mes études spéciales. Je me serais donc complétement abstenu si l'on n'était venu récemment combattre, au nom de la science, les conclusions de mon Mémoire, et donner le change à l'opinion publique. Il me paraît dès lors utile d'éclairer les personnes qui seront appelées à trancher la question ; à cet effet, je m'attacherai surtout à rétablir les faits qui ont été dénaturés en ce qui concerne, d'une part la fabrication des fers à acier, de l'autre l'histoire des aciéries françaises.

Dans un premier paragraphe, je décrirai sommairement l'état actuel de la fabrication et du commerce des fers à acier dans le Nord de l'Europe : les faits que j'exposerai sont le résultat de deux missions que j'ai remplies, depuis la publication de mon premier mémoire, dans les principaux groupes de forges de la Sibérie, du versant européen

Plan et division du mémoire.

des monts Ourals, de la Suède et de la Norvége.

Les discussions que soulèvent journellement les grands intérêts industriels du pays, sont trop souvent dominées par la pensée que les questions en litige, posées pour la première fois à l'époque actuelle, sont restées inconnues des générations précédentes. Cette préoccupation, conséquence naturelle des événements de la révolution et de l'empire, offre un grave inconvénient, car elle écarte des débats les autorités les plus respectables et les plus sûres, celles que donnent l'expérience et la tradition. Pour y remédier, en cette circonstance, autant qu'il dépend de moi, je présenterai dans un second paragraphe un résumé de mes études sur l'histoire des aciéries françaises et notamment des aciéries de cémentation.

Enfin, en me fondant sur les observations qui me sont propres et sur l'expérience des deux derniers siècles, je prouverai dans un dernier paragraphe que les motifs récemment allégués contre la réforme du tarif reposent sur une science erronée et ignorante des faits.

§ Ier. De la fabrication et du commerce des fers a acier dans le nord de l'Europe.

Définition des fers à acier.

Tout fer forgé, élaboré d'une manière convenable, peut être converti en acier, c'est-à-dire en un produit qui, chauffé au rouge, puis refroidi brusquement, devient notablement plus dur que si on l'eût laissé lentement refroidir. En ce sens, on peut dire qu'il n'y a pas de contrées qui, privées des ressources que fournit le commerce étranger et soumises à des nécessités exceptionnelles, ne puissent convertir tous leurs fers en acier. Mais au-

jourd'hui en Europe, dans les conditions d'une libre concurrence avec les pays étrangers, il n'y a qu'un nombre assez limité de forges dont les produits puissent être utilement soumis à cette élaboration. Ces fers, doués de qualités toutes spéciales, me paraissent devoir être distingués de tous les autres, et c'est pour les désigner que j'ai proposé d'introduire en métallurgie la dénomination de *fer à acier*.

Pour dissiper, autant qu'il dépend de moi, la confusion introduite dans les points fondamentaux de la question qui préoccupe l'attention publique, je définirai d'abord les propriétés caractéristiques des fers à acier : dans cette même vue, je rendrai ma définition indépendante de toute considération théorique, et lui donnerai exclusivement pour base certains phénomènes physiques dont la connaissance est vulgaire.

La propriété essentielle des fers à acier est celle que les artistes du Yorkshire désignent substantivement par le mot *body*, et qu'à un point de vue général, j'ai proposé de nommer *propension aciéreuse*. Au point de vue spécial de la fabrication de l'acier, on peut très-convenablement conserver l'expression anglaise, et dire que le fer qui a le plus de *corps* (1) est celui qui possède le mieux

1re propriété : *corps ou propension aciéreuse.*

(1) Des distinctions analogues devront être établies dans toutes les subdivisions de la métallurgie du fer : tous les ouvriers dont le travail est essentiellement basé sur l'une des propriétés éminentes du fer savent apprécier avec un tact parfait, dans le métal qu'ils élaborent, la qualité qui convient à leur industrie. Presque toujours ils la désignent par une expression qui, dans toutes les langues, équivaut au mot *corps*, mais qui s'applique, dans les diverses industries, à des propriétés physiques fort différentes. Lorsque j'emploierai la même expression

la qualité qu'il s'agit ici de qualifier. Celle-ci est développée au plus haut degré dans le fer, lorsque les produits d'acier fabriqués avec ce métal possèdent eux-mêmes au degré le plus éminent les propriétés utiles de l'acier. En d'autres termes, le fer qui, sous ce rapport, doit être classé au premier rang, est celui qui, converti en acier brut de cémentation, retient le mieux la qualité aciéreuse dans les chaudes

---

dans le cours de ce mémoire, je le ferai toujours exclusivement, dans le même sens que les ouvriers qui convertissent le fer en acier.

Toutes les fois qu'on voudra traiter des questions qui dépendent de certaines propriétés physiques des fers, sans établir préalablement les définitions et les distinctions dont je signale ici la convenance, on tombera nécessairement dans une confusion inextricable. Le contraste qui a existé jusqu'à ce jour entre l'insuffisance de la théorie et l'extrême perfection d'une multitude de moyens pratiques de la métallurgie du fer, me paraît dépendre en partie de ce qu'on s'est trop habitué à regarder comme identiques des produits que distinguent réellement des nuances extrêmement prononcées. La nature du principe dominant établit sans doute, entre tous les fers, des motifs de rapprochement qu'on ne peut méconnaître; mais il n'en est pas moins vrai que les différences qui existent dans la qualité des fers de diverses origines, sont précisément le point de départ d'une multitude d'industries. De mémorables recherches appliquées aux faits usuels constatés par la métallurgie ont déjà prouvé que les plus légères modifications dans la nature physique et chimique de certains métaux suffisent pour en changer essentiellement les propriétés; dans cette voie, par exemple, la métallurgie du fer est fort redevable aux travaux de Monge, Berthollet et Vandermonde, de M. Karsten, etc. C'est ainsi qu'ils ont parfaitement constaté qu'un millième de carbone combiné avec certains fers produit un nouveau corps, l'acier, lequel, à beaucoup d'égards, diffère plus de ces mêmes fers que ceux-ci ne diffèrent, par exemple, du zinc et du cuivre. Mais ces illustres savants n'ont abordé dans leurs études que les faits les plus généraux;

successives qu'on lui fait subir pour l'affiner et le façonner ; qui, ouvré sous forme d'outils ou d'objets polis, l'emporte sur tous les autres par sa dureté, son éclat, la vivacité de son tranchant, etc. La propension aciéreuse est essentiellement distincte des qualités qui caractérisent usuellement les meilleurs fers, notamment de celles qui, dési-

---

ainsi que je l'indiquais dans mon premier mémoire (*Ann. des Min.*, 2ᵉ série, tom. III, p. 603), la plupart des faits qui composeront un jour le domaine de la science ne sont connus, jusqu'à présent, que des ouvriers qui depuis des siècles s'en transmettent la tradition. Ici, comme pour toutes les lacunes qui existent dans les sciences physiques, c'est l'observation qui a fait défaut. La métallurgie théorique et les sciences qui s'y rattachent seraient plus avancées qu'elles ne le sont aujourd'hui, si, comme pour la géologie, la minéralogie, la physique, la chimie, la zoologie, la botanique, etc., l'observateur pouvait directement étudier la nature ou reproduire à volonté les faits dans son cabinet. Le métallurgiste, pour observer les faits, se trouve nécessairement dans la dépendance des personnes qui en disposent : ici l'amour de la science ne suffit pas toujours pour surmonter les obstacles qu'entraînent l'éloignement des ateliers, la diversité des langues, les dépenses considérables imposées par ce genre d'observations, la volonté ou l'intérêt des exploitants ; le plus grand obstacle réside surtout dans la difficulté des communications intellectuelles avec les ouvriers, lesquels, à mon avis, conservent partout le dépôt de connaissances où les sciences devront puiser leurs moyens de progrès.

Quoi qu'il en soit des causes qui ont retardé jusqu'à ce jour le progrès de la théorie des fers, l'insuffisance de celle-ci est un fait qu'il importe de constater, afin de mettre en garde, contre les assertions d'une fausse science, les personnes qui auront à juger la question des fers à acier. Pour faire cesser la confusion qu'on a introduite dans le débat soulevé à cette occasion, il suffit d'en écarter toutes les assertions qui ne peuvent immédiatement s'appuyer sur l'expérience ou sur la raison.

gnées sous les noms de ténacité, de malléabilité, de ductilité, de douceur, etc., sont particulièrement recherchées dans la fabrication des fils de fer, des tôles fines, des chaînes pour les vaisseaux, des canons de fusil, des fers et clous servant au ferrage des animaux de bât et de trait, des harpons servant à la pêche de la baleine, et de nombreuses pièces faisant partie du matériel des arsenaux militaires et des fabriques de machines. Les qualités qui conviennent pour ces emplois sont rarement développées dans les fers au degré le plus éminent : j'ai cependant observé de tels fers dans un certain nombre de forges de Biscaye, du Berri, du Nivernais, de Bourgogne, de Franche-Comté, des Vosges, du Luxembourg et du Hainaut (Belgique), des provinces rhénanes, du Lancashire, du Yorkshire et du Staffordshire (Angleterre), de la province d'Orebro (Suède), de la province de Perm (Russie). Il me paraît donc vrai de dire que les hautes qualités qui se rattachent à l'emploi immédiat du fer, sont moins rares que celles qui se développent lors de sa conversion en acier. Mais le fait essentiel et sur lequel j'insiste, est que ce premier groupe de qualités n'entraîne nullement comme conséquence la propriété aciéreuse. Les innombrables expériences faites depuis deux siècles en Angleterre, en France, en Allemagne et en Suède, ont constamment démontré qu'en soumettant à la cémentation les fers que je viens d'énumérer, on obtient des produits essentiellement inférieurs à ceux que donnent les fers à acier proprement dits. Si, par exemple, opérant simultanément, avec les mêmes ouvriers et les mêmes combustibles, sur les fers d'Europe les plus célèbres par leur ténacité, et sur les fers à acier de Danemora (Suède), de manière

à les convertir successivement en aciers cémentés, fondus, ressués, étirés en verges fines, puis enfin en outils délicats, tels que limes d'horloger, burins, etc., on trouvera que l'outil provenant du fer suédois entamera tous les autres avec une extrême facilité. Cet exemple ne signale pas, tant s'en faut, tous les genres de supériorité qui dépendent de la propension aciéreuse; mais il suffit pour caractériser nettement cette propriété.

Les premières marques de fer à acier sont tellement recherchées pour la cémentation, qu'elles n'ont jamais été employées en grand pour aucun des usages immédiats que j'ai rappelés précédemment; on ignore donc la valeur relative qui, pour chaque destination, leur serait attribuée dans un classement général des fers. Beaucoup de faits, dans le détail desquels il serait superflu d'entrer ici, me donnent lieu de penser que leur supériorité ne se soutiendrait pas au même degré pour tous les usages; j'ai lieu de croire, par exemple, que les meilleurs fers à acier ne se prêtent pas au travail de la tréfilerie aussi bien que certains fers des provinces rhénanes et de la Franche-Comté. Il n'est pas douteux toutefois que les fers à acier, convenablement préparés, ne possèdent aussi à un degré très-éminent toutes les qualités qui dépendent de la ténacité et de la malléabilité. Toute compensation faite, c'est dans les meilleurs fers à acier de la Suède qu'il faut chercher, selon toute vraisemblance, le type le plus parfait du fer forgé.

. . . .

La deuxième propriété essentielle est celle que désignent les fabricants de Yorkshire en disant que le fer est *sound*. Cette expression rend parfaitement la pensée des ouvriers voués à ce genre spécial de tra- **2e propriété : *pureté aciéreuse.***

vail, et on peut très-bien, suivant les cas, lui donner pour équivalents les expressions de *pureté* ou de *pureté aciéreuse*. Les fers qui, sous ce rapport, se classent au premier rang, sont ceux qui offrent les caractères suivants : au sortir des caisses de cémentation, les barres conservent à peu près la forme du fer forgé ; elles offrent ordinairement une surface assez égale ; tout au plus sont-elles couvertes de petites ampoules disséminées à peu près uniformément. Les mêmes barres, soumises à l'étirage, puis trempées à chaud, ne laissent voir sur leur nouvelle surface ni fissure ni défaut de continuité ; cassées enfin transversalement, elles offrent une couleur claire, et surtout une texture uniforme, exempte de ces taches et de ces fissures que les ouvriers en acier désignent généralement sous les noms de *criques*, de *pailles*, de *cendrures*, etc. Les fers les plus dénués de pureté aciéreuse offrent, dans les mêmes conditions, des caractères opposés. Les barres d'acier brut ont perdu leur forme primitive ; elles sont pénétrées de fissures qui se prolongent souvent dans toute leur épaisseur ; il s'y produit çà et là des ampoules de dimensions inégales et parfois très-considérables ; j'ai recueilli de telles ampoules qui, pour des barres ayant 14 centimètres carrés de section transversale, atteignaient un volume de 300 centimètres cubes. Les mêmes barres, étirées et trempées, offrent à leur surface une multitude de fissures ; enfin, dans toutes les cassures transversales, elles se montrent littéralement criblées de pailles, de cendrures et de criques : ces défauts sont parfois poussés au point que pendant l'étirage certaines parties de la barre se divisent comme le feraient les éléments mal réunis d'une corde.

Ces défauts, lorsqu'ils ne sont pas trop prononcés, sont compatibles avec la production des objets communs, mais ils rendent l'acier absolument impropre à la fabrication de la plupart des objets de coutellerie, des outils fins, etc.

Indépendance mutuelle et influence propre des 2 propriétés.

Cette seconde qualité n'est pas liée nécessairement à la propension aciéreuse : loin de là, il arrive très-souvent que la pureté est développée au maximum dans certains fers qui ont une très-faible propension aciéreuse, et réciproquement. La plupart des excellents fers d'emploi immédiat qui se préparent dans le sud-ouest de l'Europe, et qui sont à peu près dépourvus de la propension aciéreuse, se classeraient, eu égard à leur pureté, au-dessus de beaucoup de fers à acier justement estimés. C'est cette propriété, plus facile à apprécier que la propension aciéreuse, qui, dans nombre d'expériences comparatives mal conçues et peu suivies, faites avec différents fers de l'Europe, a presque toujours conduit à attribuer l'infériorité aux fers du Nord.

La pureté aciéreuse exerce une énorme influence sur l'économie de la fabrication, et il est aisé de comprendre pourquoi les fabricants y attachent une si grande importance. Les pailles et les cendrures qui altèrent la pâte des aciers provenant de fers impurs ne se décèlent souvent que lorsque l'objet a reçu la dernière façon, la taille ou le poli : l'ouvrier ne reconnaît donc en général la convenance de mettre l'objet au rebut que lorsqu'il y a appliqué en pure perte presque tous les frais qu'exige la fabrication. Deux fers qui possèdent au même degré la propension aciéreuse donnent des produits d'égale qualité et de même

valeur marchande; seulement, pour chaque sorte de fer, la quantité de produits marchands obtenue d'un même poids de matière et par une même quantité de travail, diminue avec la pureté du métal; toutes autres choses égales, la somme des frais de fabrication afférente à une quantité donnée de produits marchands est d'autant plus grande que le fer élaboré est moins pur. On conçoit donc aisément qu'à égalité de propension aciéreuse, la valeur marchande des fers à acier doive être en raison de leur pureté.

L'importance qu'il faut justement attribuer à la pureté des fers est souvent exagérée par les fabricants, et c'est un écueil contre lequel sont venues échouer nombre d'aciéries de cémentation. Cette tendance est d'autant plus naturelle, que les inconvénients du défaut de pureté retombent immédiatement sur le fabricant, tandis que ceux qui dépendent du défaut de *corps* ne nuisent d'abord qu'à l'acheteur confiant dans l'ancienne qualité du produit. La haute réputation de certaines aciéries du Yorkshire tient essentiellement à l'intelligence et à la probité héréditaires avec lesquelles on y a persévéré à employer les marques essentiellement douées de corps, nonobstant certains défauts de pureté et les charges qui en résultent pour le fabricant.

Un ensemble de faits qui ne sauraient trouver ici leur place me conduit à penser que dans l'état actuel de l'art et avec les minerais connus jusqu'à ce jour, la pureté et la propension aciéreuse sont, au delà de certaines limites, des qualités incompatibles. Les meilleurs fers à acier du Nord sont ceux qui réunissent le maximum de propension aciéreuse à un très-haut degré de pureté; mais cette dernière

propriété semble y être moins développée qu'elle ne l'est dans certains fers d'un ordre inférieur.

La profonde influence exercée sur les aciéries de cémentation par la découverte de la fabrication économique de l'acier fondu (1), tient surtout à ce que ce nouvel art a neutralisé les inconvénients résultant du défaut de pureté, tout en rendant plus prononcées, et si l'on peut s'exprimer ainsi, plus exquises les qualités qui dépendent de la propension aciéreuse. C'est de cette époque que date surtout, pour certains fers de Suède, une réputation qu'aucune concurrence n'a pu ébranler, et qui s'accroît chaque jour dans la même mesure que les perfectionnements introduits dans la préparation de l'acier fondu.

En résumé, les deux propriétés essentielles des fers à acier correspondent à deux avantages très-marqués : la pureté aciéreuse entraîne surtout une fabrication économique; à la propension aciéreuse correspond essentiellement la haute valeur des produits.

Constance des propriétés caractéristiques.

On ne donnerait qu'une idée imparfaite de la haute valeur des fers à acier du Nord, en disant qu'ils possèdent ces deux qualités à un degré plus éminent que les autres fers de l'Europe : il est essentiel d'ajouter que tous les fers d'une même marque présentent généralement, avec une très-grande constance et toujours au même degré, les caractères qui lui sont propres. C'est dans cette constance des mêmes caractères que réside, sans aucun doute, l'une des principales causes du succès des aciéries du Yorkshire : chaque marque de fer,

(1) Mém. déjà cité, *Ann. des mines*, 4e s., t. III, p. 636.

toujours soumise dans les mêmes conditions à la cémentation, à la fusion, à l'étirage, à l'élaboration spéciale qui fait l'objet de l'industrie, et enfin à la trempe, suivant les procédés qu'une longue expérience a fait connaître, donne, en définitive, des produits toujours identiques et offrant toute la qualité que comporte la nature du fer élaboré. De là, dans les manipulations successives, une précision et une rapidité d'allures qui dépassent tout ce qu'on voit ailleurs, et qui ne sont, en dernière analyse, que la conséquence des propriétés de la matière première. Cette constance des caractères appartient surtout aux meilleures marques; indépendamment de la qualité propre à chaque barre, elle contribue singulièrement à faire rechercher ces marques par les fabricants d'acier.

Types nombreux résultant de la combinaison de ces diverses propriétés.

Le développement plus ou moins prononcé de ces propriétés, combiné avec diverses nuances secondaires que les ouvriers seuls ont su apprécier jusqu'à ce jour, détermine, dans la série des fers à acier, beaucoup de types particuliers. Chacun de ceux-ci est spécialement recherché par toutes les industries qui exploitent dans l'acier une certaine classe de propriétés physiques et métallurgiques. Ainsi toutes les marques de 1er rang et plusieurs marques de 2e, 3e et 4e rang (voir p. 146) sont particulièrement propres à la fabrication des aciers fondus; parmi ces derniers, on distingue en outre les sortes qui conviennent le mieux pour les divers objets tranchants, les limes, les scies, les faux, les tôles, les fils, etc. On classe également en catégories distinctes les marques qui, après la cémentation, réclament préalablement le laminage, l'étirage ou le corroyage; et dans chacune

de ces catégories, on recherche encore les qualités qui conviennent spécialement à chaque emploi. La masse de connaissances pratiques qui permet aujourd'hui de choisir à coup sûr la matière première de chaque fabrication est sans contredit le plus précieux enseignement que le Yorkshire puisse présenter au monde industriel.

Cette définition de propriétés essentiellement variables d'un fer à l'autre, serait encore incomplète, si l'on ne parvenait, à l'aide d'une commune mesure, à établir un classement méthodique entre les différentes marques. Ce classement serait impossible si on prenait seulement pour point de départ, comme je dus le faire au début de mes études, les opinions particulières des personnes qui produisent ou qui élaborent les fers à acier. Je reconnus bientôt que chaque fabricant est disposé à s'exagérer l'importance et la perfection du genre de fabrication qui lui est propre, et qu'on s'expose infailliblement à de grandes erreurs en basant des jugements sur de telles informations. Je constatai également qu'il n'existe aucun moyen sûr d'apprécier, même par une série d'expériences directes, la valeur réelle de la plupart des aciers bruts et ouvrés; chaque jour j'acquiers de plus en plus la conviction que des épreuves de ce genre serviront toujours au besoin à confirmer une opinion arrêtée à l'avance, et qu'il n'en peut résulter que des erreurs et des déceptions. Commune mesure et classement des fers à acier.

La seule mesure qui puisse servir de base à un classement sérieux est la valeur commerciale, aussi bien pour les matières premières que pour les produits. En ce qui concerne les fers à acier, le marché de Sheffield, où tous les fers du Nord

arrivent en grandes masses, me semble offrir des moyens de classement qui ne se retrouvent certainement, avec la même précision, pour aucune autre matière, dans aucun autre groupe métallurgique. Une expérience de deux siècles, poursuivie sous l'influence de la plus active concurrence, y a mis en évidence toutes les qualités utiles des différents fers ; toutes les causes d'erreur qui tiennent à l'impossibilité d'apprécier directement la valeur intrinsèque réelle des fers et aciers, ont cédé progressivement à l'expérience prolongée des consommateurs ; celles qui tiennent aux préjugés des acheteurs, aux préventions et à l'intérêt particulier des fabricants, se sont naturellement neutralisées. Toutes ces causes de perturbation écartées sous la puissante influence du temps et de l'expérience, il ne doit rester aujourd'hui, dans le prix courant des fers à acier employés en Yorkshire, que les éléments qui tiennent essentiellement à la valeur réelle de ces fers.

La justesse de ce principe, que j'avais déjà adopté dans la publication que j'ai faite en 1843, a d'ailleurs été soumise par moi, depuis trois ans, à une vérification remarquable. A l'époque où je publiai ce premier travail, je n'avais point encore visité les forges du Nord ; d'un autre côté, les opérations commerciales du Yorkshire sont conduites avec une réserve encore plus grande que celle qui règne généralement dans les autres groupes métallurgiques d'Angleterre, et l'on n'y peut trouver, par exemple, aucune liste de prix courants des fers à acier, même pour les principales marques. Je n'ai donc pu former une telle liste qu'à la suite de longues recherches de détail, qui m'ont fait connaître les prix payés dans les diverses acié-

ries pour les diverses marques qu'on y emploie, puis le nom des forges où ces marques se fabriquent, et celui de la province où elles sont situées. La liste que je dressai alors ne m'avait indiqué aucune loi simple, parce qu'elle semblait rapprocher des établissements situés dans des localités très-différentes. Les études que je viens de terminer ont mis au contraire cette loi en évidence, et m'ont prouvé que le mode de classement adopté m'avait conduit en général à rapprocher les forges qui se trouvent dans des conditions semblables, c'est-à-dire celles qui tirent leurs minerais des mêmes gîtes minéraux.

Je constate donc que les personnes qui auront à juger la question de la libre entrée des fers du Nord, et qui ne voudront pas se laisser égarer par les assertions erronées que peuvent suggérer les préjugés, les préventions et les intérêts, devront prendre pour point de départ de leurs études la valeur commerciale des fers à acier.

Le classement des fers à acier d'après leur valeur commerciale, jette une si vive lumière sur toutes les questions qui se rattachent à ces fers, que pour décrire sommairement la fabrication et le commerce des fers du Nord, je ne puis mieux faire que de reproduire, avec les développements dus à de nouvelles études, le tableau que je publiai en 1843. Je m'attacherai d'abord aux forges de Suède et de Norwége, qui forment de beaucoup le groupe le plus important. J'indiquerai en regard de chaque forge le prix actuel du fer sur le marché de Sheffield, la quantité annuellement fabriquée, le nom du port d'expédition, et enfin le nom des mines d'où chaque forge tire le minerai.

TABLEAU des principales forges suédoises et norwégiennes qui produisent les fers à acier destinés à l'exportation.

NOMS DES FORGES.	NOMS des provinces.	NOMBRE DE FEUX d'affinerie.	PRODUCTION annuelle.	PRIX à Sheffield de la tonne.		PRIX à Sheffield du quint. mét.	NOM du port d'embarquement.	NOMS DES MINES qui alimentent les forges.
			q. m.	liv.	s.	fr.		
Löfsta.	Upsala.	6	6.121	35	00	86,81	Stockholm.	Danemora.
Carlholm.	*Idem.*	2	2.040	35	00	86,81	*Id.*	*Id.*
Gimo.	*Idem.*	2	2.040	32	00	79,37	*Id.*	*Id.*
Rånäs.	Stockholm.	2	2.040	32	00	79,37	*Id.*	*Id.*
Österby.	Upsala.	4	3.536	30	00	74,41	*Id.*	*Id.*
Strombacka.	Gefleborg.	3	1.904	30	00	74,41	*Id.*	*Id.*
Stromsberg.	Upsala.	2	2.244	29	00	71,93	*Id.*	*Id.*
Ullferss.	*Idem.*	2	1.072	29	00	71,93	*Id.*	*Id.*
Forsmark.	Stockholm.	4	3.016	29	00	71,93	*Id.*	*Id.*
Gysinge.	Gefleborg.	4	5.077	28	00	69,45	Gefle.	*Id.*
Wattholma.	Upsala.	2	1.004	24	00	59,60	Stockholm.	*Id.*
Harg.	Stockholm.	4	4.080	22	00	54,56	*Id.*	*Id.*
Skebo.	*Idem.*	3	1.128	21	00	52,12	*Id.*	*Id.*
Söderforss.	Upsala.	3	3.323	20	05	50,23	Gefle. Stockholm.	*Id.*
Elfkarleö.	*Idem.*	4	2.503	20	05	50,23	Stockholm.	*Id.*

[illegible].	Kopparberg.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		
Svabensverk.	Gefleborg.	5	3.000	17	05	42,78	Söderhamn. Stockholm.	*Id.*
Avesta.	Kopparberg.	3	[illegible]	16	00	39,68	Götheborg.	Vindtjern avec Sjögrufvan.
Svartnäs.	*Idem.*	6	3.733	16	00	39,68	Gefle. Stockholm.	*Id.*
Korssä.	*Idem.*	6	4.284	16	00	39,68	Gefle.	*Id.*
Åmot.	Gefleborg.	1	2.856	16	00	39,68	Gefle. Stockholm.	Vindtjern avec Sjögrufvan et Sverdsjösocken.
Catharinaeberg.	*Idem.*	2	680	16	00	39,68	Gefle. Stockholm.	*Id.*
			19.074					
Bäckaforss.	Elfsborg.	6	4.896	18	10	45,88	Uddevalla. Götheborg.	Persberg.
Lesjöforss.	Wermland.	3	2,538	18	10	45,88	Götheborg.	Persberg avec Langban.
Liljendal.	*Idem.*	6	4.407	17	15	44,02	*Id.*	Persberg avec Langban et Rämsberg.
Matforss.	West. Norrland.	6	4.000	17	15	44,02	Sundsvall. Stockholm.	*Id.* id. et divers.
Lennartsforss.	Wermland.	3	2,720	17	05	42,78	Götheborg.	*Id.* et divers.
Christinedal.	Elfsborg.	2	1.224	16	13	41,29	*Id.*	*Id.* id.
Borgvik.	Wermland.	4	3.014	16	13	41,29	*Id.*	*Id.* id.
Storforss	*Idem.*	8	5.304	16	05	40,30	*Id.*	*Id.* id.
Bjurback.	*Idem.*	3	2.300	16	05	40,30	*Id.*	*Id.* id.
Oxnäs.	Elfsborg.	4	2.720	15	75	39,06	*Id.*	*Id.* id.
			33.203					

TABLEAU des principales forges suédoises et norwégiennes qui produisent les fers à acier destinés à l'exportation. (SUITE.)

NOMS DES FORGES.	NOMS des provinces.	NOMBRE DES FEUX d'affinerie.	PRODUCTION annuelle.	PRIX à Sheffield de la tonne.		PRIX à Sheffield du quint. mét.	NOM du port d'embarquement.	NOMS DES MINES qui alimentent les forges.
			q. m.	liv.	s.	fr.		
Næs et Westre-Röé		4	6.801	18	10	46,50	Oster-Risoer	Mine de Solberg et autres (groupe d'Arendal).
Laurwig		3	4.080	18	10	46,50	Laurwig.	Div. Mines du groupe d'Arendal.
			10,881					
Uddeholm	Wermland							
Stjernforss								
Gustafsfors								
Loviseberg								
Föskeforss		10	8.161	17	15	44,02	Götheborg.	Langban avec Taberg et Nordmark.
Munkforss		10	8.161	16	15	42,78	*Id.*	*Id.* *id*
Upranå								
Helgå			16.322					
Wärå								
Likanå								

[illegible]	Kopparberg.	2	1.224	16	00	39,68	Stockholm.	Grangerberg.
Andersforss.	*Idem.*	4	2.652	16	00	39,68	*Id.*	*Id.*
Ericsforss.	*Idem.*	3	2.040	16	00	39,68	*Id.*	*Id.*
			5.916					
Meldersteïn.	Norrbotten.	4	1.088	16	00	39,68	Luleå. Stockholm.	Gellivara (Laponie).
Toreåforss.	*Idem.*	2	1.224	16	00	39,68	*Id.*	*Id.*
			2.312					
Thurbo.	Kopparberg.	2	1.269	15	15	39,06	Stockholm.	Bisberg.
Wikmanshyttan.	*Idem.*	2	680	15	15	39,06	*Id.*	*Id.*
Nornsberg.	*Idem.*	3	2.040	15	15	39,06	*Id.*	*Id.*
Hammarberg.	Gefleborg.	4	3.295	15	15	39,06	Gefle. Stockholm.	*Id.*
Rissbyttan.	Kopparberg.	2	1.143	15	10	38,44	*Id. id.*	*Id.* avec divers.
Tollforss.	Gefleborg.	4	3.264	15	10	38,44	Gefle.	*Id.*
Mackmyra.	*Idem.*	2	1.632	15	05	37,82	*Id*	*Id.*
Hoforss.	*Idem.*	2	1.632	15	05	37,82	Gefle. Stockholm.	*Id.*
Robertsholm	*Idem.*	2	1.632	15	05	37,82	*Id. id.*	*Id.*
Stjernsund.	Kopparberg.	3	2.448	15	05	37,82	*Id. id.*	*Id.*
Rorshyttan.	*Idem.*	2	1.232	15	05	37,82	Stockholm.	*Id.*

TABLEAU des principales forges suédoises et norwégiennes qui produisent les fers à acier destinés à l'exportation. (SUITE.)

NOMS DES FORGES.	NOMS des provinces.	NOMBRE DES FEUX d'affinerie.	PRODUCTION annuelle.	PRIX à Sheffield de la tonne.	PRIX à Sheffield du quint. mét.	NOM du port d'embarquement.	NOMS DES MINES qui alimentent les forges.
			q. m.	liv. s.	fr.		
Report.			20.267				
Garpenberg	*Idem.*	7	4.284	15 05	37,82	Stockholm.	Bisberg avec divers.
Horndal	*Idem.*	4	2.463	15 00	37,20	Geffe. Stockholm.	Bisberg avec Norberg.
			27.014				
Elfsbacka (1re marque)	Wermland.	5	2.962	15 10	38,44	Götheborg.	Nordmark avec Enggrufvan et divers.
Anneforss. *Id.*	*Idem.*	1	364	15 10	38,44	*Id.*	*Id.*
Lofstaholm. *Id.*	*Idem.*	4	1.140	15 10	38,44	*Id.*	*Id.*
[illegible]	*Idem.*	2	1,224	15 08	38,10	*Id.*	Nordmark avec divers.
[illegible]	*Idem.*	4	2,965	15 05	37,82	*Id.*	*Id.*
Ransäter-nedre	*Idem.*	2	1.326	15 00	37,20	*Id.*	*Id.*
Elfsbacka, Anneforss, Lofstaholm. 2e m.	*Idem.*	supr.	2.220	14 15	36,58	*Id.*	Nordmark avec Enggrufvan et divers.
Norum. *Id.*	*Idem.*	1	[illegible]	14 10	[illegible]	*Id.*	Nordmark avec divers.
Upperud. *Id.*	*Idem.*	5	[illegible]	14 10	[illegible]	*Id.*	*Id.*

Hedegård	Ostergöthland.	4	1.878	15	00	37,20	Norrköping. Stockholm.	Uto et divers.
Strombacka. (marq. inf.) .	Gefleborg.	3	2.517	14	10	35,96	Stockholm.	*Id.*
Hedvigsforss	*Idem.*	3	2.176	14	10	35,96	*Id.*	*Id.*
			6.541					
Fagersta.	Wermland.	4	2.686	14	10	37,20	*Id.*	Norberg.
Gasjö	*Idem.*	2	1.632	14	10	37,20	*Id.*	*Id.*
Westanforss	*Idem.*	2	1.640	14	10	37,20	*Id.*	*Id.*
Engelsberg.	*Idem.*	4	3.173	14	10	37,20	*Id.*	*Id.*
			9.331					
APPENDICE. Outre les forges précédentes qui fabriquent spécialement en vue de l'exportation, il en existe beaucoup d'autres qui ont fabriqué, en partie pour l'exportation directe, et surtout pour la fabrication d'aciers destinés à l'exportation, ou à la consommation locale, environ.	. . . .	. . .	98.658	14	00	34,72	Stockholm. Götheborg.	Diverses mines précédemment indiquées et quelq. autres moins import.
TOTAL DE LA PRODUCTION.			284.000					

La valeur des fers à acier dépend de la qualité des minerais employés.

La conclusion principale qui se déduit de l'inspection de ce tableau est que la valeur des fers produits dans chaque groupe métallurgique de Suède et de Norwége est due essentiellement à l'origine du minerai. L'importance du minerai se fait surtout sentir en ce qu'elle détermine l'énergie de la propension aciéreuse du fer. Tous les efforts qui ont été tentés pour suppléer à cet égard, par les méthodes de travail, à l'insuffisance du minerai, sont restés sans résultat, et ce fait assurément a une grande portée si l'on considère l'intérêt qu'ont toujours eu, en Suède, les possesseurs des mines de troisième rang à donner à leurs produits la qualité des fers obtenus avec les minerais de Danemora. Cette expérience n'est même pas seulement concluante pour les usines et pour les minerais de Suède et de Norwége. Depuis deux siècles, les mêmes tentatives ont été poursuivies, sur un plus vaste théâtre, dans les usines de la Grande-Bretagne et dans toutes les colonies que l'Angleterre a successivement possédées et possède encore aujourd'hui, particulièrement en Amérique et dans les Indes orientales. Toutes ces expériences ont invariablement présenté les mêmes résultats : prenant leurs désirs pour la réalité, les auteurs de ces expériences ont presque toujours constaté, à l'origine de leurs essais, la supériorité ou du moins la haute valeur de leurs produits ; les aciéries anglaises, vivement intéressées à se soustraire à la dépendance de la Suède, ont toujours accueilli avec sympathie les espérances qu'on leur faisait concevoir ; les efforts les plus persévérants y ont été faits dans le but de constater la supériorité des fers à acier d'origine britannique. J'ai assisté moi-même, en 1836 et en 1842, à l'essai de plusieurs sortes de fers que l'on s'attachait depuis longtemps à fabriquer

en Angleterre, dans les colonies et particulièrement dans le midi de l'Indostan, avec cette ténacité qui est propre au génie anglais. Tous ces efforts ont donné quelques résultats intéressants au point de vue de la science, et qui ne sont même pas dépourvus d'une certaine utilité industrielle; mais la conclusion fondamentale qui en a été déduite est exactement l'inverse de celle que l'industrie anglaise avait intérêt à établir. Il a été prouvé que la partie du globe accessible au commerce des Européens, ne pouvait fournir aucun fer comparable, eu égard à la propension aciéreuse, aux premières marques de Suède. La qualité supérieure et hors ligne des fers de Danemora est devenue un axiome pour l'industrie anglaise : aussi la valeur de ces fers qui n'était, en 1766, que de 15 p. o/o au-dessus de la valeur des autres marques de Suède, est aujourd'hui montée à 100 p. o/o au-dessus de la valeur de tous les autres fers connus. Je ne pourrais, sans dépasser le cadre que je me suis tracé, insister ici sur l'histoire des essais métallurgiques, poursuivis dans ce but, tant en Suède que dans l'empire britannique. Je remarquerai d'ailleurs que les résultats de cette expérience séculaire se trouvent, en définitive, résumés dans le prix courant des fers à acier en Yorkshire, avec une précision et une rigueur auxquelles le discours ne pourrait rien ajouter.

Je tiens donc pour établi que l'influence dominante du minerai sur la propension aciéreuse des fers, et la supériorité hors ligne des fers à acier de Danemora sont au nombre des axiomes métallurgiques les mieux avérés.

Détails spéciaux sur la mine de Danemora.

Dans la plupart des groupes de forges de Scandinavie, la valeur du fer dépend essentiellement de

l'origine du minerai qu'on y élabore : les forges de Danemora sembleraient seules faire exception à cette règle; car les marques de moindre valeur, quoique supérieures aux meilleures marques provenant des autres minerais, sont classées fort au-dessous des premières marques du même groupe. Toutefois il n'y a point ici anomalie : les différences qui existent entre les diverses forges du groupe de Danemora sont encore dues essentiellement aux mêmes causes qui distinguent l'un de l'autre les divers groupes de forges à acier.

La mine de Danemora, en effet, ne doit être considérée comme une unité qu'à un point de vue très-général; elle comprend trois champs principaux d'exploitation : 1° celui du Nord, dit *Kungsgrufvorne*; 2° celui du centre ou la grande mine; 3° celui du Sud, dit *Södrafeltet*. Ces trois subdivisions correspondent à trois masses principales de minerai entre lesquelles il n'existe point de continuité; beaucoup de massifs de moindre importance, et qui paraissent être également isolés dans la roche encaissante, sont disséminés à proximité des principaux massifs. Tout ce système a été divisé en un grand nombre de concessions dont une dizaine environ étaient exploitées à l'époque où je visitai ce district. Chaque concession est possédée d'une manière indivise et suivant des proportions fort inégales, par les propriétaires des diverses forges du district; en sorte que la valeur des produits de chaque forge dépend exclusivement de la proportion possédée dans les concessions les plus recommandables par la qualité de leurs minerais. Ce fait est si bien établi, que la valeur commerciale des diverses forges du groupe de Danemora dépend moins de l'importance des éta-

blissements et de leurs dépendances territoriales, que de la nature et de la proportion des parts possédées dans la mine. Les minerais de chaque concession, exploités en commun, sont divisés en lots et répartis avec une rigueur scrupuleuse entre les divers propriétaires, ou plus exactement entre les diverses forges. On pense, en effet, dans le district de Danemora, que la qualité du fer produit par une forge dépend non-seulement de la qualité de chacun des minerais employés, mais encore du mélange spécial qu'une expérience séculaire a conduit à faire dans chaque établissement. Les fabricants des meilleures marques se gardent donc d'altérer le mélange qui jusqu'alors a fait la réputation de leurs produits, et cette permanence du mélange se conserve, sauf les légères modifications imposées par le régime des exploitations, lorsqu'un même propriétaire possède à la fois deux forges dont les fers sont classés à des rangs inégaux dans l'échelle des prix du Yorkshire. Par suite de cette sage administration, il est donc vrai de dire que les minerais de Danemora se répartissent entre les forges plutôt qu'entre les propriétaires.

L'étude comparative des diverses parties du gîte de Danemora et de la répartition des minerais, rapprochée de la valeur des fers produits dans les diverses forges, démontre que les variations de qualité tiennent à des nuances extrêmement délicates, et qui vraisemblablement resteront longtemps encore un mystère pour la science. Les meilleurs fers sont produits par les forges qui s'approvisionnent surtout au champ du milieu ou à la grande mine : or, celle-ci se compose surtout de cette immense excavation tant de fois décrite

par les curieux et par les géologues, au fond et sur les parois de laquelle existe une des plus grandes masses de minerai que les travaux de l'homme aient fait connaître jusqu'à ce jour. Cette masse continue est divisée du Nord au Sud en quatre concessions par trois lignes absolument arbitraires et qui ne correspondent à aucune division naturelle du gîte : il est donc très-digne de remarque que les meilleurs minerais proviennent des extrémités, et se montrent supérieurs à ceux des deux concessions intermédiaires. Pour donner plus de précision aux faits que je viens de signaler, je crois utile de rapporter ici le nombre de parts possédées par chaque forge, dans les quatre concessions principales de la grande mine de Danemora.

Répartition du minerai entre les diverses forges.

Champ du milieu ou Grande-Mine.

Concession du Nord, dite *Iord-Grufvan*.

Löfta et Carlholm. . . .	2	5
Gimo et Rånäs. . . .	1	
Österby et Strombacka.	2	

Concession du Centre-Nord, dite *Storrymningen*.

Löfsta et Carlholm. . .	65	188 [1]
Stromsberg et Ullfors.	39	
Forsmark.	48	
Gysinge.	24	
Söderfors.	12	

Concession du Centre-Sud, dite *Hjulvind*.

Löfsta et Carlholm. . .	9	39
Forsmark.	8	
Gysinge.	4	
Wattholma.	3	
Harg.	4	
Skebo.	3	
Elfkarleö.	8	

---

[1] Il y a ici une légère erreur dans les nombres que j'ai transcrits sur les lieux : cette mine est réellement divisée en 200 parts.

Concession du Sud, dite *Dammsgrufvan.*

Löfsta et Carlholm. . . .	2	5
Gimo et Rånäs.	1	
Österby et Strombacka.	2	

Les principales concessions du Champ du Nord et Champ du Sud sont divisées ainsi qu'il est indiqué ci-dessous :

Champ du Nord dit Kungsgrufvorne.

Löfsta et Carlholm. . .	285	999
Gimo et Rånäs.	66	
Österby et Strombacka.	120	
Stromsberg et Ullforss.	60	
Forssmarck.	135	
Gysinge.	36	
Wattholma.	66	
Harg.	68	
Skebo.	63	
Söderforss.	36	
Elfkarleö.	46	
Ljusne (1).	18	

Champ du Sud dit Södrafeltet.

Löfsta et Carlholm . .	1.206	12.600
Gimo et Rånäs.	252	
Österby et Strombacka.	378	
Stromsberg et Ullforss. .	576	
Forssmark.	687	
Gysinge.	1.877	
Wattholma.	1.976	
Harg.	2.102	
Skebo.	2 577	
Söderforss.	351	
Elfkarleö.	618	

L'anomalie apparente que présentent les forges du groupe de Danemora, n'est donc au fond qu'une confirmation de la loi fondamentale qui résulte de l'étude des forges à acier, à savoir, que

(1) Cette forge est la seule, dans le groupe de Danemora, où l'on ne fabrique point de fers à acier.

l'énergie de la propension aciéreuse des fers est la conséquence immédiate d'une qualité propre aux minerais avec lesquels ces fers sont préparés.

Division des mines de fer à acier de Scandinavie en cinq classes.

Les divers gîtes de fers à acier de la Scandinavie, énumérés suivant l'ordre de la qualité aciéreuse de leurs minerais, peuvent être groupés de la manière indiquée ci-après.

				liv.	sh.		liv.	sh.
1er *Rang.*	Danemora (grande mine).	fers valant	de	[illegible]	0	à	28	0
2e *Rang.*	Danemora (autres régions).	*Id.*	de	22	0	à	20	5
3e *Rang.*	Vindtjern et Skinnärang. . Persberg et Langban. . . Arendal.	*Id.*	de	18	12	à	17	15
4e *Rang.*	Grangerberg. . . . . Taberg et Nordmark. . . . Gellivara. . . . . Bisberg.	*Id.*	de	16	0	à	15	15
5e *Rang.*	Uto et divers. . . . . Enggrufvan et divers. . . Norberg.	*Id.*	de	15	3	à	14	10

La plupart de ces mines fournissent des minerais oxydulés magnétiques plus ou moins imprégnés de fer oligiste : celle de Langban fournit principalement du fer oligiste, du fer carbonaté, du fer oxydé hydraté, etc.

Les seules mines qui concourent dans une proportion notable à la production des fers à acier sont :

Danemora,	Grangerberg,
Vindtjern et Skinnärang,	Taberg et Nordmark,
Persberg et Langban,	Bisberg,
Arendal;	Norberg.

Traitement métallurgique des minerais de fer à acier.

Les forges de Scandinavie, où se fabriquent les fers à acier, n'offrent, sous le rapport technique, aucune supériorité sur la plupart des usines de l'ouest de l'Europe, et particulièrement sur celles de France. On peut même dire qu'au point de vue

qui préoccupe particulièrement les métallurgistes français, celui de l'économie du combustible, les forges de Franche-Comté, des Vosges, de Champagne, de Lorraine, etc., offrent une très-grande supériorité sur celles de Suède. En Suède même, l'opinion générale est que les forges les plus arriérées sous le rapport technique, sont précisément celles de Danemora où se produisent les meilleurs fers à acier. Ces usines ont conservé presque sans modification, les méthodes de travail qui y furent introduites par Louis de Geer, en 1643, au moyen d'ouvriers amenés à cet effet de l'ancien pays wallon. J'ai retrouvé moi-même avec intérêt dans les forges de Danemora, quelques dispositions d'usines et divers détails de manipulation que j'avais observés en 1835 dans les petites forges comprises, sur la rive gauche de la Meuse, entre l'Ourthe et la frontière actuelle de France.

Dans presque tous les groupes d'usines où se fabrique le fer à acier, les minerais, préalablement grillés au moyen du bois de corde ou du charbon de bois, sont fondus dans des hauts-fourneaux, ayant environ 8 mètres de hauteur et 2 mètres de largeur au ventre. La fusion des gangues résulte, soit du simple mélange des divers minerais, soit de l'addition d'une faible proportion de chaux carbonatée. L'air froid ou modérément chauffé, est projeté par une seule tuyère, à raison de 14 jusqu'à 20 kilogrammes par minute, sous une pression de 3 à 5 centimètres de mercure. Dans les trois usines où j'ai particulièrement étudié la fusion des principaux types de minerais, les éléments essentiels de l'allure des hauts-fourneaux se résument ainsi qu'il est indiqué ci-après :

	Minerais de Danemora. (1er rang.)	Minerais de Persberg. (3e rang.)	Minerais de Taberg. (4e rang.)
Production journalière en bonne allure (kilog.)	6.100	4.700	6.700
Fonte obtenue de 1,00 de minerai grillé	0,508	0,405	0,478
Fondant calcaire ajouté pour 1,00 de fonte obtenue	0	0	0,05
Charbou consommé au haut-fourneau pour 1,00 de fonte obtenue.	1,05	1,08	1,06

Dans le district de Danemora, la fonte est affinée par la méthode wallonne, qui a disparu depuis longtemps du pays où elle paraît avoir pris naissance, et qui n'est plus guère pratiquée aujourd'hui que dans quelques petites forges du Maine, de la Bretagne et de l'Eifflel. Cette méthode est caractérisée par l'emploi simultané de deux feux : l'un pour l'affinage de la fonte, l'autre pour l'étirage de la pièce de fer brut; là comme ailleurs, cette méthode exige une grande quantité de combustible, bien qu'elle y soit appliquée à des fontes plus faciles à affiner que toutes celles que j'ai vu traiter ailleurs. On consomme ordinairement pour l'affinage dans le groupe de Danemora, 2,90 de charbon de bois pour 1,00 de fer forgé obtenu.

Les forges dans lesquelles se fabriquent les fers à acier de quatrième et de cinquième rang affinent généralement la fonte, au moyen d'un seul feu qui sert à la fois pour l'affinage proprement dit et pour l'étirage. Cette méthode qui est très-dominante en Suède, ressemble par ce caractère général à celle qui est généralement suivie en France et sur la plus grande partie du continent. Dans ses détails elle se rapproche beaucoup de celle que j'ai vu pratiquer en Pologne, en Silésie, dans la partie orientale du Hartz, etc. Toutefois, les soins particuliers qu'on donne à l'affinage et au martelage, entraînent une consommation de charbon

plus grande que dans ces contrées, et qui descend rarement au-dessous de 2,40 pour 1,00 de fer forgé obtenu. Souvent même cette consommation monte à 2,70; et il est à remarquer qu'elle s'applique généralement à des fontes moins faciles à affiner que celles de Danemora.

Tentatives infructueuses faites pour suppléer à l'infériorité du minerai.

Ainsi que je l'ai dit précédemment, ce sont les forges alimentées par les minerais de troisième rang qui se sont particulièrement engagées dans la voie des expériences, et qui ont tenté avec le plus de persévérance d'accroître, par l'influence des méthodes de travail, la valeur commerciale de leurs fers. Ce sont elles, en effet, qui étaient le mieux en position de demander à la métallurgie les moyens d'atteindre la qualité du fer de Danemora. Les tentatives faites dans cette direction, et qui depuis huit à dix ans ont le plus préoccupé en Suède l'attention publique, sont celles qui ont été poursuivies par les habiles propriétaires des forges de Lesjöfors. Ces recherches ont eu surtout pour résultat d'introduire dans la pratique régulière d'un certain nombre de forges, la méthode d'affinage suivie dans les forges au charbon de bois de Bagbarrow, Sparkbridge, etc. (Lancashire), que j'ai signalées (*Ann. des mines*, t. III, p. 606) au premier rang des quatre groupes de forges anglaises qui fournissent aux aciéries de Grande-Bretagne de bons fers à acier. La méthode du Lancashire n'est en définitive qu'une variété de la méthode wallonne, elle est même à peu près identique avec celle qu'on suivait dans le pays wallon à la fin du siècle dernier. La fonte est affinée dans un premier foyer au charbon de bois, et les lopins de fer brut sont réchauffés pour l'é-

tirage, dans un foyer de chaufferie à la houille. On constituerait à très-peu près cette méthode en combinant le travail d'affinage des forges comtoises avec le réchauffage des lopins tel qu'on le pratique dans la méthode mixte de Champagne. L'obligation d'employer exclusivement le charbon de bois a naturellement conduit les métallurgistes suédois à modifier notablement le travail du réchauffage et à se rapprocher ainsi du mode suivi dans le district de Danemora. Pour l'affinage seulement, on a conservé exactement les manipulations propres au Lancashire. La nouvelle méthode est suivie, soit concurremment avec l'ancienne méthode, soit même à l'exclusion de celle-ci, dans plusieurs forges qui produisent des fers de troisième rang, avec les fontes provenant des gîtes de Persberg et de Langban. Tel est le cas des forges de Bäckaforss, Lesjöforss, Munckeforss, Liljendal, etc.; tel est aussi le cas des trois forges de Norwége qui produisent, avec les minerais du groupe d'Arendal, des fers à acier de troisième rang.

Les opinions sont assez partagées en Suède sur les résultats obtenus par l'introduction de la méthode du Lancashire : toutefois la propagation de la nouvelle méthode dans plusieurs forges dirigées par des métallurgistes fort habiles est, ce me semble, un argument décisif en sa faveur. Il faut le dire d'ailleurs, ce n'est point en Suède, mais bien à Sheffield qu'on peut le mieux apprécier la valeur réelle d'une modification introduite dans la préparation des fers à acier. Mon attention n'ayant pas été portée spécialement sur ce point à l'époque où je visitai le Yorkshire pour la dernière fois, je n'ai pu réunir alors tous les éléments nécessaires pour juger cette question. Les rensei-

gnements que je me suis procurés récemment sont contradictoires en beaucoup de points, ainsi que cela arrive en général pour toute question soulevée par l'industrie de l'acier. Ce qui paraît le mieux avéré, c'est que les nouveaux fers n'ont rien gagné, si même ils n'ont pas perdu, sous le rapport de la propension aciéreuse : ils ont, au contraire, visiblement gagné en pureté, et paraissent même sous ce rapport l'emporter sur les bons fers de Danemora. Le prix de ces fers paraît avoir haussé notablement par comparaison avec le prix de plusieurs sortes analogues que l'on continue à fabriquer par la méthode suédoise. Toutefois cette hausse s'est également fait sentir sur des marques de 3e rang qui, comme celles de Dådran, continuent à être fabriqués par l'ancienne méthode; on pourrait donc peut-être l'attribuer en partie au développement des ateliers, tels que les fabriques de limes, qui recherchent particulièrement les fers à acier de cette catégorie. En résumé, aucune des nouvelles marques n'a pu franchir l'intervalle établi par les prix courants de Sheffield entre les premiers fers de 3e rang et les dernières marques de Danemora.

Tous ces essais ont eu constamment pour objet l'amélioration de la qualité du fer et nullement l'économie dans la fabrication : l'introduction de la méthode du Lancashire a même occasionné, en général, une certaine augmentation sur les consommations et sur les frais de fabrication du fer : dans l'usine où j'ai particulièrement étudié les deux méthodes, la consommation de combustible a été augmentée dans le rapport de 1,00 à 1,10; la consommation de fonte pour 1,00 de fer forgé, s'est élevée de 1,27 à 1,29. Des essais plus récents, et

dont les résultats ne sont pas encore constatés par une expérience suffisante, ont eu pour objet d'appliquer au travail du fer, des gaz provenant des hauts-fourneaux ou spécialement préparés à cet effet.

Soins particuliers donnés à la fabrication.

Je ne donnerais qu'une idée inexacte des méthodes suivies en Suède et en Norwége pour la fabrication des bons fers à acier, si je n'ajoutais ici qu'on y apporte au choix des matières premières et au triage des produits, des soins et une surveillance que je n'ai remarqués dans aucun autre groupe de forges. Ainsi, les minerais préalablement cassés, triés et grillés avec de grandes précautions, sont associés dans certaines proportions que l'expérience a fait connaître; on écarte du mélange destiné à la fabrication des fontes de fer à acier, tous les minerais dont la qualité est douteuse, et l'on apporte la plus grande prudence dans les tentatives ayant pour objet de modifier le mélange normal; on n'emploie pour la fabrication des meilleurs fers destinés à l'exportation que certaines fontes correspondant à une allure déterminée du haut-fourneau. Les charbons sont choisis avec des soins tout particuliers, et, dans plusieurs forges, on les soumet à un lavage à grande eau, immédiatement avant de les charger dans le foyer, pour les débarrasser des matières terreuses qui pourraient y adhérer. Les fers fabriqués sont soumis au contrôle d'agents spéciaux, qui ne laissent apposer la marque caractéristique du fer à acier que sur les barres parfaites; les barres de moindre qualité sont généralement converties, dans l'usine même, en aciers de cémentation qui, après avoir été étirés au martinet, sont exportés dans toutes

les parties du monde. Les sortes tout à fait inférieures sont conservées pour la consommation locale, ou exportées comme fers communs. Les sortes ordinaires de fer sont normalement fabriquées dans toute la Suède, avec une consommation de combustible et en général une dépense beaucoup moindres que celles qu'entraîne la fabrication des fers à acier; en sorte que la rigueur apportée dans le triage des fers destinés à l'exportation entraîne implicitement une grande augmentation sur les frais de production de ces qualités d'élite. L'étude attentive de ce qui se passe, à cet égard, dans l'une des principales forges de Danemora m'a prouvé que, toute correction faite dans le sens que je viens d'indiquer, la consommation de charbon nécessaire pour convertir la fonte en fer à acier de premier choix atteignait parfois 4 parties en poids pour 1,00 de fer obtenu (1).

---

(1) La fabrication des fers à acier me paraît constituer une branche très-importante de la métallurgie du fer. Il ne serait pas possible de renfermer dans le cadre d'un simple mémoire, alors même que celui-ci serait spécialement consacré à cette question, tous les faits importants constatés par l'expérience des forges de Scandinavie, de Russie et de Grande-Bretagne. Une telle étude ne peut d'ailleurs avoir une véritable portée scientifique que si elle est rapprochée de la description des méthodes de travail suivies pour la fabrication des sortes supérieures de fers destinées aux emplois immédiats.

En attendant que je puisse offrir au public le résultat de mes études, je suis heureux de rendre ici un premier hommage aux travaux des métallurgistes suédois et norwégiens, et surtout à la libéralité avec laquelle chacun de ceux que j'ai eu l'honneur de visiter a bienvoulu m'initier à la connaissance des faits constatés par sa propre expérience. Qu'il me soit permis à cette occasion d'adresser un témoignage de reconnaissance à MM. Ekman père et fils,

Causes de la supériorité des fers suédois.

Les observations sommaires que je viens de présenter au sujet de la fabrication des fers à acier motivent suffisamment les conclusions suivantes :

Le *corps* ou la *propension aciéreuse* des fers à acier est essentiellement le résultat d'une propriété naturelle des minerais employés. Une élaboration vicieuse détruit plus ou moins cette qualité ; plusieurs méthodes de travail paraissent pouvoir la développer également ; aucune méthode connue jusqu'à ce jour n'a pu la porter, dans aucun fer, au-dessus de certaines limites tracées par la nature même des minerais.

C'est surtout dans la conversion de la fonte en fer forgé que la méthode métallurgique influe sur la qualité du produit. Les méthodes employées en Suède se distinguent des méthodes suivies en France par une très-forte consommation de combustible végétal. La fabrication des fers de premier choix destinés à l'exportation, exige quelquefois, toute correction faite à raison des fers rebutés, quatre parties de charbon pour une partie de fer obtenu : rarement cette consommation tombe au-dessous de trois parties.

La *pureté* du fer dépend en grande partie de la nature du minerai élaboré ; on chercherait vainement à la développer au degré convenable pour les aciéries, dans nombre de fers provenant

---

de Lesjöforss; Ostberg d'Elfkarleö, membre du collége royal des mines; G. F. Wærn de Bäckefors; J. Wærn d'Uddeholm, conseiller d'état; J. Danielson, directeur de forges à Munkfors; F. Schele, bergmeister à Philipstadt; G. R. Bergström de Fahlun; le baron R. A. Tamm d'Österby; C. Beronius, geschworner à Dannemora; Böbert, directeur des mines de Kongsberg; Rotscher, directeur des usines de Modum.

de minerais communs ; mais elle dépend aussi essentiellement de la méthode de travail. La grande difficulté que paraît offrir le traitement métallurgique des minerais de troisième, de quatrième et de cinquième rang, consiste à obtenir un grand degré de pureté sans détruire en tout ou en partie la propriété aciéreuse. C'est surtout pour arriver à ce but qu'il ne faut épargner ni la main-d'œuvre ni le combustible.

En résumé, l'expérience acquise en Suède et en Grande-Bretagne, ne donne nullement lieu d'espérer que l'art puisse développer dans le fer la propension aciéreuse, et qu'à cet égard on puisse suppléer à l'insuffisance des minerais par le progrès de la métallurgie : les forges de Dannemora qui produisent des fers à acier classés hors ligne parmi tous les fers connus, sont précisément celles qui ont conservé les plus anciennes méthodes de travail : tous les fabricants de ce district sont convaincus qu'ils n'ont rien à gagner à modifier les procédés qui y sont établis depuis 1643. Si malgré cet état stationnaire, les forges de Dannemora ont vu croître constamment depuis deux siècles la réputation de leurs produits, c'est qu'en cette matière, comme en beaucoup d'autres, la nature est plus puissante que l'art (1).

(1) Cette conclusion n'est point particulière, au reste, à la métallurgie des fers à acier ; elle s'applique également à la production de toutes les sortes supérieures de fer destinées aux emplois qui exigent dans le métal une aptitude particulière portée à un degré éminent. J'aurai occasion de démontrer ailleurs qu'à toutes les époques de la métallurgie, la production des fers d'élite a toujours été la conséquence de l'exploitation de certains minerais, et que le progrès de l'art n'a absolument rien changé à cet état de choses. Il y a même de nombreux motifs de pen-

Ressources remarquables qu'offre la Suède pour la fabrication du fer.

La spécialité que la Suède s'est créée depuis deux siècles pour la production des fers à acier, n'est pas seulement la conséquence de l'aptitude que lui assure la nature de ses minerais; elle est due également à un ensemble de ressources naturelles et de conditions économiques et commerciales qui jusqu'à ce jour ne se sont trouvées réunies au même degré, dans aucune autre partie du globe.

Dans les conditions imposées par la nature du sol et du climat, et par la position géographique,

---

ser que le progrès de la métallurgie, sans cesse dirigé en vue de réaliser des économies sur les consommations en matières et en main-d'œuvre, a entraîné généralement en Europe une détérioration dans le *corps* et dans la *pureté* des fers. Cette tendance me paraît surtout prononcée aujourd'hui dans les divers groupes de forges françaises. Chaque jour on s'attache à y produire des fers à bon marché plutôt que des fers de qualité supérieure, et chaque jour, en conséquence, on voit employer des fers médiocres pour certaines fabrications dans lesquelles, depuis des siècles, on croyait devoir n'admettre que des fers de premier rang. Si le mouvement industriel que nous observons continue à se propager en France, si, en présence de ressources limitées ou décroissantes en combustible végétal, le besoin de fers continue à s'accroître, cette tendance deviendra de jour en jour plus prononcée. Une sage économie commerciale conduira donc à reprendre, au moins en partie, les traditions du dernier siècle, de la révolution et de l'empire, et à adopter le régime que les mêmes causes ont établi en Grande-Bretagne, dans les Etats-Unis d'Amérique, etc. On appliquera les ressources du territoire à la fabrication des sortes de fer qui peuvent être préparées, soit avec une médiocre dépense de combustible végétal, soit exclusivement avec la houille, et l'on tirera des contrées auxquelles le climat et la position géographique interdisent toute autre industrie, une quantité comparativement faible de certains fers de choix, dont la production exige une grande consommation de combustible végétal.

la fabrication du fer est la seule industrie qui jusqu'à ce jour ait pu se développer en Suède, sur une grande échelle, au-dessus de ces industries pour ainsi dire domestiques qui sont propres à tous les peuples occupant un rang distingué dans la famille européenne.

Les minerais, extraits à ciel ouvert de puissants dépôts, et contenant pour la plupart de 45 à 60 p. 100 de fer, reviennent ordinairement de 0f,75 à 1f,20 les 100 kilog. aux exploitants qui sont aussi les propriétaires des hauts-fourneaux. Des provinces entières, où aucune autre industrie n'appelle la population, n'ont guère d'autre culture que l'exploitation des forêts. De sages règlements assurent depuis des siècles la conservation de cette richesse naturelle. Toutes les usines y sont pourvues d'un large approvisionnement de combustible végétal, à des prix incomparablement inférieurs aux prix de l'ouest de l'Europe. Dans les forges que j'ai visitées, le prix des 100 kilog. de charbon de bois est ordinairement compris entre 0f,80 et 1f,50; dans les plus grandes usines du Wermland qui produisent du fer à acier, le prix ordinaire est 0f,87. Dans ces mêmes établissements l'exploitation simultanée des forges et des scieries permet en outre d'obtenir, avec le déchet des bois de sciage destinés à l'exportation, des quantités considérables de charbons dont le prix réel de revient ne dépasse pas 0f,35. Une seule des forges du Wermland prépare annuellement, dans ces dernières conditions, jusqu'à 8.280 quintaux métriques de charbon.

La fonte est généralement fabriquée à proximité de chaque mine de fer : celle-ci forme ordinairement le centre d'une circonscription administrative

nommée *Bergslag*, soumise à certaines charges, et pourvue de divers priviléges qui ont spécialement pour but de favoriser l'industrie du fer. Ainsi les bois récoltés dans les limites du bergslag ne peuvent en être exportés à l'état de bois d'œuvre, ni même à l'état de charbon; chaque haut-fourneau du bergslag est lui-même le centre d'une petite subdivision forestière, qui ne peut diriger ses charbons, sous peine d'une amende égale à la valeur du combustible, ailleurs que vers ce fourneau; celui-ci est également pourvu d'un approvisionnement de minerai; en sorte que la concurrence entre les fabricants de fonte s'exerce seulement dans la vente du produit, et jamais dans l'achat des matières. L'on ne convertit en fer forgé, dans la circonscription du bergslag, qu'une faible quantité de fonte. La plus grande partie des fontes à affiner est exportée, souvent à de grandes distances, dans des forges qui fondent aussi parfois des minerais tirés des bergslags les plus voisins; ces transports des minerais et des fontes se font généralement dans la direction suivant laquelle les fers doivent se mouvoir pour gagner le port d'expédition.

La constitution de la propriété, les habitudes laborieuses et morales de la population, l'abondance des vivres et des fourrages, l'absence de toute autre occupation industrielle assurent aux forges la main d'œuvre et les transports à un prix très-modéré. Le prix de la journée de travail varie ordinairement de 0f,81 à 1f,50; la journée d'un conducteur avec un cheval attelé coûte ordinairement 2f,80.

En résumé, pour ce qui concerne l'achat des matières premières et les dépenses de main-d'œuvre, les fabricants suédois trouvent dans les conditions

naturelles et dans l'organisation sociale du pays une grande supériorité sur les fabricants du centre et de l'ouest de l'Europe.

Obstacles surmontés par les forges suédoises: débouchés entièrement extérieurs.

Les obstacles que les forges suédoises ont à vaincre résident surtout dans la nécessité d'aller chercher au dehors de la Suède la totalité de leur débouché (1), et dans la nature du combustible employé qui oblige les fabricants à disséminer leurs usines sur un territoire extrêmement étendu. La plus grande partie des frais de fabrication résulte donc des transports énormes qu'il faut faire pour amener successivement : d'une part les minerais au haut-fourneau, les fontes à la forge, les fers au port d'embarquement, puis au lieu de vente dans les pays étrangers; de l'autre, les charbons et les bois de la forêt aux usines. Il y a telle forge dont le fer, pour atteindre seulement le lieu d'embarquement, a dû franchir, sous ces diverses formes, une distance de 400 kilomètres. Sous ce rapport toutefois, le sol et le climat viennent encore en aide à l'industrie du fer : une épaisse couche de neige pendant trois à cinq mois d'hiver, les lacs et les rivières pendant l'été, offrent à la plupart des forges des voies naturelles de transport qui ne le cèdent en rien aux meilleures voies artificielles. Ces heureuses conditions atténuent des difficultés qui, dans l'ouest de l'Europe, seraient insurmontables ; elles permettent chaque année de propager, vers le nord de la Suède, l'industrie du fer au milieu

(1) Les propriétaires de forges vendent à peine dans le pays le dixième de leur production. Le débouché local est principalement alimenté avec des produits de rebut qui ne pourraient trouver de placement sur les marchés étrangers.

de forêts qui, par leur éloignement des centres commerciaux, semblaient devoir rester étrangères à toute occupation industrielle. Les transports par traînage pendant l'hiver s'exécutent ordinairement à raison de 0f,06 à 0f,12 par tonne et par kilomètre ; les prix de transport sur les lacs, les distances étant mesurées en ligne droite, varient pendant l'été de 0f,020 à 0f,035 (1).

Longueur des transports pour les forges autres que celles de Danemora.

Ces considérations sont particulièrement applicables aux mines de fer à acier de Vindtjern et Skinnärang, Persberg et Langban, Taberg et Nordmark, Grangerberg, Bisberg, Norberg, toutes situés loin de la mer dans les provinces de Kopparberg, de Wermland et de Westmanland : avant d'atteindre le port d'expédition, les fers provenant de ces mines ont généralement à parcourir, sous leurs divers états successifs, des distances de 200 à 400 kilomètres. Sous ce rapport également, la mine de Danemora a été heureusement douée entre tous les gîtes de la Suède : les avantages

(1) Il est essentiel de remarquer que les prix qui viennent d'être indiqués sont ceux que paye un propriétaire de forges traitant de gré à gré avec des propriétaires, des fermiers et des ouvriers entièrement indépendants de l'exploitation de ces forges. Mais la plupart des exploitants peuvent se procurer la main-d'œuvre et les transports à des conditions plus avantageuses encore, en employant de petits fermiers attachés aux terres dépendant des forges, et qui, en échange d'une concession temporaire de terrain, doivent fournir annuellement le travail d'une certaine quantité d'hommes et de chevaux. La comptabilité d'une grande forge suédoise est donc extrêmement complexe, puisqu'elle comprend toujours les détails multipliés qu'entraîne une grande exploitation agricole, et souvent la préparation des bois d'œuvre destinés à l'exportation.

qu'elle doit à sa position géographique sont presque aussi remarquables que ceux qui résultent de la supériorité aciéreuse de ses minerais. La mine est située à 30 kilomètres de la Baltique; les forges les plus importantes, celles de Löfsta, de Gimo et d'Österby, situées directement entre la mine et le littoral, n'ont à transporter leurs produits qu'à cette faible distance. Pour les autres forges, les minerais doivent subir d'abord, parallèlement au rivage de la mer, ou en se rapprochant de celui-ci, un transport de 25 à 70 kilomètres, pour aller chercher le bois et la force motrice. La côte, admirablement disposée pour la navigation maritime, offre, pour ainsi dire en regard de chaque forge, un excellent port d'embarquement.

Moyens de développement propres au groupe de Danemora.

Cette heureuse position assure pour l'avenir, au groupe métallurgique de Danemora, des moyens de développement proportionnés à l'accroissement inévitable de la consommation des aciéries étrangères. Pour apprécier cet avenir, il suffit de jeter les yeux sur une carte du golfe de Bothnie. Au nord de Danemora, sur une ligne droite de 600 kilomètres environ, la côte de Suède, à peu près inhabitée, bordée de puissantes forêts, traversée par de nombreux cours d'eau qui, dans leur partie inférieure, offrent des moteurs d'une puissance pour ainsi dire indéfinie, cette côte, dis-je, présente, pour la fabrication du fer au moyen du combustible végétal, des ressources qui n'existent certainement dans aucune autre région de l'Europe. Les minerais embarqués dans les divers ports voisins de Danemora seront transportés par mer sur tous les points de cette côte, et pénétreront dans l'intérieur, à des distances plus ou moins grandes, au

moyen du traînage, C'est par ce même moyen de transport, plus efficace et plus permanent dans ces régions boréales qu'il ne l'est dans les groupes métallurgiques actuels, que se feront les transports de combustible, des forêts aux forges, et le retour des fers fabriqués, vers la côte. Une certaine quantité de combustible pourra être également transportée par flottage pendant l'été, ainsi que cela a lieu maintenant dans plusieurs groupes métallurgiques. Là, comme dans les provinces centrales de la Suède, l'industrie du fer pourra recevoir une puissante impulsion de l'exploitation des bois de construction que l'Europe occidentale et surtout la France vont demander en Scandinavie à des régions qui chaque année deviennent de plus en plus boréales. Les déchets de scieries assureront aux forges un combustible abondant et qui n'entraînera d'autres dépenses que celles de la carbonisation; les fers, offrant un lest très-convenable pour les navires qui font le transport des bois, pourront être transportés presque sans frais dans tous les ports de la mer d'Allemagne, de la Manche, de l'Océan et de la Méditerranée.

Cette tendance de l'industrie suédoise s'est, au reste, déjà révélée sur une grande échelle depuis le commencement de ce siècle et surtout depuis quinze ans. Quarante-deux forges sont déjà établies, dans toute l'étendue de la côte de Bothnie, depuis le 62ᵉ degré jusqu'au cercle polaire. Elles sont alimentées en partie avec les minerais propres au sol de la Laponie, en partie avec ceux qu'on y amène par mer des régions méridionales de la Suède, et notamment de l'île d'Uto. Les fers à acier de Melderstein et de Toreåforss, mentionnés dans le tableau général, sont précisément produits

dans ces conditions, sous le cercle polaire. Tout récemment enfin on a commencé à produire, vers le 62ᵉ degré, des fers à acier avec des matières provenant des mines de Persberg et de Danemora : ainsi la forge de Matforss (Wester-Norrland) produit des fers à acier au moyen de fontes préparées en Wermland avec les minerais de Persberg, puis transportées successivement à ces forges par les voies de terre, des lacs et de la mer, à une distance qui, mesurée en ligne droite, excède 600 kilomètres. M. le baron de Tamm, ouvrant le premier la voie où le suivront les autres forges de Danemora, a fondé à Strombacka (Gefleborg) une succursale de ses célèbres forges d'Österby. Les minerais de Danemora sont transportés successivement : par traînage au petit port de Kallerö (30 kilom.), par mer à Hudikswall (180 kilom.), enfin par traînage et par les lacs au haut fourneau de Movika (35 kilom.). La fonte et le fer fabriqué sont successivement transportés : par traînage à la forge de Strombacka (10 kilom.), par traînage et par les lacs au port d'Hudikswall (45 kilom.), enfin par mer à l'entrepôt de Stockholm (340 kilom.). Dans ce cas particulier, la matière ferreuse subit donc en Suède, depuis la mine jusqu'au port d'expédition, un transport de 640 kilomètres.

En résumé, les groupes métallurgiques où se préparent les fers à acier, et particulièrement celui de Danemora, pourront suivre l'essor imprimé aux aciéries d'Angleterre, de France et d'Amérique. La plupart des gîtes qui alimentent ces groupes offrent des ressources bien supérieures à la production actuelle : pendant longtemps la production n'y sera donc limitée que par l'état des débouchés.

Aciers naturels et cémentés en Suède.

Le tableau général placé en tête de ce paragraphe (p. 134) ne comprend pas toutes les forges qui fabriquent des fers à acier ; je n'y ai mentionné que celles dont les produits sont régulièrement vendus sur le marché de Sheffield. Il existe en outre plusieurs forges qui expédient des fers à acier de qualité inférieure, lorsque le prix de ces fers éprouve une hausse sur les marchés étrangers, mais qui ordinairement convertissent sur place leurs produits en aciers cémentés destinés à l'exportation. Il convient de noter également que tous les fers à acier produits dans les forges mentionnées nominativement ne sont point exportés dans les pays étrangers : ainsi que je l'ai dit précédemment, les barres de qualité médiocre sont soigneusement séparées des barres de choix, et converties en acier. Enfin certaines forges, qui n'exportent point de fers à acier, produisent spécialement, pour la cémentation sur place, des fers de quatrième et de cinquième rang, comparables pour la qualité à certaines marques qui sont régulièrement exportées. Depuis trois ans, les fabriques d'aciers de cémentation, alimentées par les fers de ces diverses origines, ont pris en Suède un très-grand développement. J'ai groupé sur le tableau la production des forges où se fabriquent ordinairement, pour les aciéries indigènes, des fers qui sont ensuite exportés à l'état d'acier. Ce tableau offre donc approximativement le total des fers à acier exportés, sous l'une ou l'autre forme, dans les pays étrangers.

L'acier cémenté n'est point exporté brut dans l'état où il sort des caisses de cémentation : on le soumet préalablement à un étirage simple ou double, selon la dimension que l'on veut donner aux barres. Les barres ont ordinairement une

section carrée; les grosses dimensions, échelonnées par seizièmes de pouce anglais, varient de 10 à 6 seizièmes de pouce : elles s'emballent ordinairement dans de petits barils. Les moindres dimensions, de 5 et de 4 seizièmes, s'emballent dans des boîtes carrées. On fabrique aussi des échantillons méplats : les sections extrêmes sont 16 sur 6 huitièmes de pouce, et 6 sur 3 huitièmes; la dimension la plus ordinaire est 8 sur 4 huitièmes. Les aciers méplats sont généralement expédiés en barres très-longues, non trempées, réunies en paquets par des liens de fer. Pour être emballées, les barres carrées sont, au contraire, trempées, puis cassées au marteau en fragments de longueur appropriée aux dimensions des barils ou des caisses.

Pour toutes les évaluations relatives à l'acier, les Suédois se servent des poids et des mesures d'Angleterre, ce qui indique clairement que ce sont les aciéries anglaises qui ont ouvert les débouchés commerciaux que les Suédois exploitent maintenant avec tant de succès pour les aciers communs. Les Suédois se servent même en partie des entrepôts d'Angleterre pour expédier leurs produits aux marchés les plus éloignés, notamment dans les Indes orientales, en Chine, aux États-Unis, dans l'Amérique méridionale, etc. En 1843, sur une exportation totale de 35.100 q.m., la Suède a expédié dans ce but environ 19.200 q.m. d'aciers en Angleterre.

De même que les forges de fer à acier, les aciéries de Suède se partagent en deux groupes commerciaux distincts qui expédient leurs produits, l'un par Stockholm, l'autre par Götheborg.

Les usines du premier groupe, énumérées à peu près suivant l'ordre d'importance de la production,

sont : Helleforss, Ferna, Forssbacka, Skeppsta, Folkström, Wikmanshyttan, Torpshammar, Gryt, Nyqvarn, Stjernsund, Högforss (Westmanland), Garpenberg, Kilaforss, Garphyttan, Krämbol, Wedevåg, Boxholm, Forssjö, Elfkarleö, Österby, Åkerby, etc. Elles ont converti en acier, en 1845, environ . . . . 45.100 q. m.

Les usines du deuxième groupe, énumérées suivant le même ordre, sont : Munkforss, Gustafsforss, Stjernforss, Storforss, Molnbacka, Bjorneborg, Billingforss, Hvidlanda, Kollerud, Bäckeforss, Haneforss, Liljendal, Wagsjöforss, Fredriksberg, Wassgårda, etc. Elles ont converti en acier, en 1845, environ . . . . 41.000 q. m.

Les fabriques d'acier naturel qui étaient déjà établies en Suède au commencement du dernier siècle, à l'imitation des aciéries du Rhin, ont perdu de leur importance à chaque progrès nouveau que faisaient les aciéries de cémentation ; cette décadence a été surtout sensible pendant ces dernières années. Il est digne de remarque que les minerais de Suède, qui se montrent si éminemment propres à la fabrication du fer à acier, n'ont jamais pu fournir, malgré les tentatives réitérées des métallurgistes suédois, que des fontes fort médiocres pour la fabrication de l'acier naturel. Une particularité non moins curieuse est que la forge de Skisshyttan (Kopparberg), qui produit les meilleurs aciers naturels de la Suède, mais qui ne peut employer pour cette fabrication la totalité de ses fontes, convertit le reste en fer ordinaire et ne produit point de fer à acier.

En résumé, la Suède a fabriqué, en 1845, environ 86.000 q. m. d'aciers, savoir :

Aciers cémentés étirés. . .	78.900 q. m.
Aciers naturels corroyés. .	1.100
	80.000

Ainsi que je l'ai indiqué sur le tableau général, les fers à acier sont exportés dans les pays étrangers par les ports de Luleå, Sundsvall, Soderhamn, Gefle, Stockholm et Norrköping, situés sur la Baltique, et par ceux de Oster-Riisoer, Laurwig, Uddevalla et Götheborg, situés dans le golfe de Christiania. La quantité totale de 193.342 q. m. produite dans les forges nominativement désignées au tableau, a été répartie entre ces différents ports à peu près dans les proportions suivantes :

Commerce des fers à acier; ports d'expédition.

	q. m.	
Stockholm. . .	86.188	193.342 q. m.
Götheborg. .	61.362	
Gefle.	25.859	
Oster-Riisoer.	6.801	
Laurwig. . .	4.080	
Uddevalla .	2.448	
Sundsvall. .	2.040	
Norrköping .	1.878	
Soderhamn .	1.530	
Luleå. . . .	1.156	

Les huit derniers ports n'expédient, comme on voit, que de faibles quantités de fer ; celles-ci proviennent toujours de forges situées à peu de distance et sont ordinairement chargées comme lest à bord des bâtiments qui font le transport des bois de construction. Il en est autrement des ports de Stockholm et de Götheborg : un ensemble remarquable de voies navigables permet de réunir dans les entrepôts de ces deux villes les produits de tous les groupes des forges où se préparent les fers à acier.

L'entrepôt de Stockholm reçoit les fers, à la fois par mer et par les voies navigables communiquant avec le lac Mélar. Aussi cet entrepôt est-il précisément situé sur la langue de terre qui sépare le

Transport depuis les forges jusqu'aux entrepôts de Stockholm et de Götheborg.

lac Mélar du golfe au fond duquel est située la capitale de la Suède. Par la voie de mer, arrivent tous les fers produits sur la côte du golfe de Bothnie dans la Laponie, le Wester-Norrland, le Gefleborg, dans les provinces d'Upsal et de Stockholm, et même au nord et à l'est de la province de Kopparberg. Les forges situées plus au centre de la Suède, dans les provinces d'Upsal, de Stockholm, de Westerås et au sud de la province de Kopparberg, expédient au lac Mélar, soit par la voie de terre, soit par les canaux naturels ou artificiels qui s'étendent vers le nord jusqu'à Upsal, vers le nord-ouest jusqu'au lac de Barken. Cette dernière voie navigable, dont la pente est rachetée par vingt-cinq écluses, met en communication, depuis l'année 1780, le lac Mélar avec la pointe méridionale de la province de Kopparberg, et, par conséquent, avec les riches districts de forges qu'alimentent les gîtes de Norberg, de Bisberg et de Grangerberg. Elle ne répond plus aujourd'hui à l'activité de la production des forges; de nouveaux travaux vont y développer les moyens d'exportation.

L'entrepôt de Götheborg reçoit tous les fers fabriqués dans les provinces d'Elfsborg, de Vermland et d'Orebro avec les minerais de Persberg, de Langban, de Taberg, etc. Les fers sont d'abord transportés par la voie de terre ou par celle des lacs et des rivières dans le lac Wénern, cette mer intérieure de la Suède : ils y sont chargés sur des navires de 70 à 160 tonneaux qui, après avoir traversé le lac, se rendent par les écluses de Trollhytta dans le Gotha-Elf, grande voie naturelle de communication, à l'extrémité de laquelle est situé le port de Götheborg. Ces écluses creusées dans le granite, et qui rachètent la chute de 32 mètres que

forment les eaux du lac en se précipitant dans le Gotha-Elf auquel elles donnent naissance, sont terminées depuis le commencement de ce siècle : c'est de l'achèvement de cet ouvrage d'art, l'un des plus magnifiques de l'Europe, que date la prospérité des scieries et des forges du Wermland et celle du port de Götheborg.

Le prix du transport de 100 kilogr. de fer, depuis les principales forges de Danemora jusqu'à l'entrepôt de Stockholm, est moyennement de $0^f,40$. Depuis Christinehamn et Carlstadt, ports situés sur le lac Wénern à proximité des principales forges des provinces de Wermland et d'Orebro, jusqu'à l'entrepôt de Götheborg, le fret s'élève ordinairement à $0^f,75$ par quintal métrique, ce qui équivaut à environ $0^f,037$ par tonne et par kilomètre, y compris $0^f,014$ pour le péage aux écluses de Trollhytta. Pour les forges les plus éloignées du lac, la somme des frais de transport depuis l'usine jusqu'à Götheborg dépasse rarement $2^f,30$ par 100 kilogr. Ce prix est également une limite supérieure pour la plupart des forges qui dirigent leurs fers sur l'entrepôt de Stockholm.

Les entrepôts de Stockholm et de Götheborg, où s'emmagasinent les fers en attendant que le moment soit venu de les exporter, forment eux-mêmes une des institutions commerciales les plus remarquables qui existent en Europe. Ils sont situés l'un et l'autre dans la localité la plus convenable à la fois pour le déchargement des petits navires qui apportent le fer, et pour le chargement des navires d'un plus grand tonnage qui portent les fers dans les pays étrangers. Placés sous la surveillance immédiate des autorités municipales, administrés

Institution des *Jern-Vågen* ; frais d'expédition.

par des agents complétement indépendants des fabricants de fers, ces beaux établissements, nommés *Jern-Vågen*, sont à la fois un magasin, un comptoir et un lieu de contrôle, et offrent aux acheteurs étrangers de grandes garanties, soit pour la quantité, soit pour la qualité des produits livrés. Aucun fabricant ne peut expédier à l'étranger un fer qui n'aurait point été entreposé au Jern-Vågen : à chacun d'eux est ouvert un compte sur lequel on mentionne les quantités reçues et expédiées. Les réceptions et les expéditions se font avec ponctualité sans qu'il soit nécessaire au fabricant de faire surveiller ces opérations par un de ses agents. Des inspecteurs spéciaux ont pour fonction d'examiner soigneusement chaque barre de fer entrant au magasin, et de faire un triage de celles qui paraissent présenter des défauts. Après un nouvel examen, les chefs du Jern-Vågen interdisent définitivement l'exportation des barres défectueuses : celles-ci sont remises au propriétaire, qui, après avoir acquitté une amende représentant environ 25 p. 100 de la valeur du fer rebuté, est ordinairement obligé de les transporter à ses forges pour les soumettre à une nouvelle élaboration. La somme que le fabricant doit payer à l'administration du Jern-Vågen, pour tous les frais qu'entraînent la réception, le double pesage, le magasinage et la livraison, est toujours très-faible, bien qu'ordinairement, et surtout à Götheborg, le chargement des navires ne puisse se faire qu'au moyen d'allèges. Tous ces frais ne sont acquittés que lorsque le fer a été embarqué sur le navire qui doit l'exporter ; ils s'élèvent par quintal métrique de fer, y compris le droit d'exportation, au taux indiqué ci-après :

	Stockholm.	Götheborg.
	fr.	fr.
Frais au Jern-Vagen	0,30	0,29
Chargement par alléges. . . .	0,07	0,26
Droit d'exportation.	0,19	0,26
	0,56	0,81

Frais de transport, du port suédois aux ports étrangers.

Les planches et les bois de construction provenant de l'intérieur ou des deux principaux rivages de la Suède s'emmagasinent pour la plus grande partie, comme le fer, à Stockholm et à Götheborg. Les bois offrent de beaucoup le plus fort tonnage; les navires qui les exportent à l'étranger recherchent donc, dans l'intérêt de leur navigation, le chargement d'une certaine quantité de fer, et se contentent pour ce métal du fret le plus modéré. Pour la Méditerranée, par exemple, où se transportent de grandes quantités de bois, et où se trouvent souvent des cargaisons de retour, composées de vins, de fruits, d'huile, de savons, de sels, etc., destinés aux ports de la Manche, de la mer d'Allemagne et de la Baltique, le fret des 100 kilogr. de fer descend souvent à 1f,00. De Götheborg à Hull, port des aciéries de Sheffield, la durée du trajet varie ordinairement de six à douze jours, et le taux du fret, de 0f,87 à 1f,49. De Stockholm à Hull, le fret, y compris le péage prélevé au Sund par le Danemarck, se tient généralement entre 2f,00 et 2f,60. La somme des frais, tels que transports, intérêts de fonds, magasinage, bénéfices des négocians, etc., qui grèvent les fers suédois depuis l'époque où ils sont chargés à bord des navires, jusqu'à l'époque où ils sont payés par les fabricans de Sheffield, s'élève moyennement pour ces deux ports à 8f,68 et à 9f,80 par quintal métrique. Le jour même où le fer est livré

par le Jern-Vågen, les fabricants suédois tirent sur les acheteurs étrangers des traites à trois mois de date, qui se négocient en Suède au change de $22\frac{1}{2}$ skillings banc. pour un franc, ou de 12 rixd. banc. pour une livre sterling.

Mode de vente en Angleterre; anciens marchés à longs termes.

Pendant les deux derniers siècles, les fers à acier n'avaient d'autre débouché que l'Angleterre et s'expédiaient presque exclusivement par le port de Stockholm. Les fers de Danemora étaient vendus par des marchés à très-longs termes, à des maisons anglaises, et celles-ci n'épargnaient aucun sacrifice pour s'attribuer la possession exclusive de la matière qui assurait, sur les marchés neutres, la suprématie des aciers anglais. La France, qui admettait alors presque en franchise les fers étrangers, se trouvait, pour élaborer les fers à acier de la Suède, dans des conditions beaucoup plus favorables que l'Angleterre, qui imposait à l'entrée de ces fers des droits fort élevés. Les marchés à longs termes avaient donc une très-grande importance pour l'industrie anglaise, pour le cas où les aciéries françaises, sortant de la voie fausse où elles étaient engagées (voir le § II, p. 218), auraient voulu suivre celle où prospéraient les aciéries de la Grande-Bretagne. Pour les autres fers exportés de Stockholm, il existait ordinairement, ainsi que cela a lieu aujourd'hui, deux intermédiaires entre le fabricant suédois et le fabricant anglais : l'un à Stockholm, qui passait des marchés avec les forges; l'autre à Hull, qui vendait les fers en détail aux fabricants du Yorkshire.

Modifications récentes au mode de vente.

Ces habitudes commerciales, entretenues par les restrictions que les règlements et la nature des

choses opposaient à l'essor des forges suédoises, par l'accroissement lent et progressif des aciéries anglaises et par l'absence de toute concurrence établie en dehors de l'Angleterre, ont été singulièrement modifiées depuis le commencement de ce siècle, et surtout dans ces dernières années. Depuis que le port de Götheborg est en communication avec le lac Wénern, il s'est créé, pour ainsi dire, de nouveaux groupes métallurgiques dans les provinces qui confinent à ce lac. Depuis ce temps, la production des fers à acier a presque toujours devancé les besoins des aciéries anglaises, et une puissante concurrence s'est organisée à Götheborg contre le commerce de Stockholm. Les maîtres de forges de cette région occidentale, sans cesse appliqués à supplanter leurs rivaux de la région opposée, ont généralement supprimé l'un des intermédiaires qui grèvent le commerce de Stockholm, et ont ouvert des relations directes avec les négociants de Hull et même avec les fabricants du Yorkshire : ceux de ces maîtres de forges qui ne peuvent s'occuper eux-mêmes du placement de leurs fers, confient leurs intérêts aux propriétaires des forges principales. Ces communications directes ont mis le producteur à même de connaître le jugement porté par le fabricant d'acier sur les défauts et les qualités de ses fers ; elles ont donné lieu aux tentatives de perfectionnement que j'ai précédemment signalées, et contribué, dans une certaine mesure, à porter les fers de troisième ordre de Persberg, de Langban, de Taberg et d'Arendal, au rang distingué qu'ils occupent aujourd'hui.

Pourvues d'un large approvisionnement de fers à acier, les fabriques du Yorkshire ont pu suivre, depuis quinze ans, les allures véritablement dés-

ordonnées qu'ont prises, depuis cette époque, la plupart des grandes industries de la Grande-Bretagne. Stimulées à produire beaucoup pendant les époques de prospérité de l'industrie anglaise, les forges suédoises ont vivement ressenti le contre-coup des crises commerciales qui ont fait fermer, pendant plusieurs années, la moitié des ateliers du Yorkshire (1). Pour la première fois les inconvénients des marchés à très-longs termes se sont fait sentir : d'une part, certains négociants anglais, compromis dans les crises, ne présentèrent plus aux maisons suédoises les mêmes garanties que par le passé; de l'autre, ces mêmes négociants, ne trouvant plus le placement de leurs fers, élevèrent des contestations jusque-là sans exemple sur la qualité des fers qui leur étaient livrés, et y trouvèrent des prétextes pour rompre les marchés ou pour en modifier l'exécution. Peu à peu on reconnut la convenance de renoncer aux marchés à longs termes : les exporteurs de Göthéborg, toujours à la tête du mouvement, ont tous aujourd'hui la complète disposition de leurs fers. Les habitudes se sont également modifiées à Stockolm : plusieurs fabricants s'occupent eux-mêmes de l'exportation de leurs fers; les marchés à longs termes ont été suprimés, même pour les fers de Danemora; les fabricants des secondes marques et même de deux marques de premier rang disposent maintenant de leurs produits; et pour les autres premières marques, les marchés n'ont été renouvelés, dernièrement, que pour des termes de trois à cinq années.

(1) Mémoire sur la fabrication de l'acier en Yorkshire (*Ann. des mines*, 4e série, tome III, p. 687).

Les changements survenus depuis 1814 dans les conditions techniques et économiques des aciéries françaises ont singulièrement contribué à modifier les anciennes habitudes commerciales. Depuis le 21 décembre 1814, et par suite de quelques dispositions postérieures, les fers suédois sont soumis, à leur entrée en France, à un droit de douane fort élevé, et qui, pour 100 kilogr., varie, selon la dimension des barres, de 18f,15 à 45f,32 (1). Depuis la même époque, il s'est également produit en France un fait entièrement nouveau, la création et le développement d'aciéries essentiellement fondées sur l'élaboration des fers suédois. Les fabricants de fers à acier ont bientôt compris que la concurrence des aciéries françaises les affranchirait sûrement de la dépendance exclusive qui jusqu'alors avait pesé sur eux ; ils ont été dès lors moins disposés à se lier avec l'Angleterre par des marchés à longs termes. Tout récemment l'impulsion donnée, dans le bassin de la Loire, aux fabriques d'acier fondu, et la création d'aciéries importantes dans l'Amérique du Nord, ont converti cette disposition en un système arrêté. D'un autre côté, les négociants anglais n'ont plus aujourd'hui, à la conservation des marchés à longs termes, l'intérêt qu'ils devaient précédemment y attacher. L'inégalité qui existait autrefois dans les tarifs est complétement intervertie aujourd'hui

Influence des relations récentes établies avec la France.

(1) Ces droits sont payés sur les fers importés en France par navires étrangers ; les droits imposés sur les fers importés par navires français ne varient respectivement que de 17f,50 à 41f,25 ; mais dans les cas assez rares où les fers sont importés par navires français, ce n'est pas l'acheteur de fers étrangers, mais l'armateur français qui profite de la différence établie par le tarif.

au détriment du fabricant français. D'une part, le tarif français a été quadruplé et décuplé; de l'autre, le tarif anglais a été graduellement diminué, à mesure que se développaient les aciéries françaises, aux époques indiquées ci-après :

	par ton. ang.			par q.m.
	l.	s.	d	fr.
De 1814 au 2 juillet 1819.	6	9	10	16,11
Du 2 juillet 1819 au 14 juin 1825. . .	6	10	»	16,13
Du 14 juin 1825 au 4 juillet 1842. . .	1	10	»	3,72
Du 4 juillet 1842 au 8 mai 1845. . . .	1	»	»	2,48
Depuis le 8 mai 1845.	Libre entrée.			Libre entrée.

Les aciéries françaises, lorsqu'elles pourront s'approvisionner librement de la matière première indispensable à leur industrie, ne trouveront donc plus la prime que leur aurait assurée l'ancien tarif anglais; la suppression des marchés exclusifs qui existaient autrefois les placera du moins dans les conditions d'une complète égalité.

Commerce récent établi avec l'Amérique du Nord.

J'ai dit précédemment que des relations s'étaient ouvertes tout récemment entre la Suède et l'Amérique du Nord, pour le commerce des fers à acier. Ce fait renferme un haut enseignement pour la France, et je crois utile d'y insister.

L'Amérique du Nord, où abondent des minerais riches et variés dans des contrées qui, vers le milieu du siècle dernier, étaient couvertes d'épaisses forêts, est la région du globe où l'industrie anglaise a fait les efforts les plus puissants et les plus soutenus, pour produire des fers à acier, à l'époque où elle perdait l'espoir d'obtenir sur le sol britannique un large approvisionnement de fers au bois. Les premiers effets de cette tendance se manifestèrent au commencement du XVIII[e] siècle. Le fer des colonies étant soumis à un tarif assez

élevé, tandis que la fonte était admise moyennant un simple droit de balance, c'est sous cette dernière forme que les fers de l'Amérique du Nord furent constamment importés en Grande-Bretagne jusqu'à l'époque de la révolution. L'importation, qui n'était que de 11.700 q. m. en 1728, fut de 26.100 q. m. en 1734; de cette époque jusqu'à 1775, elle resta ordinairement comprise entre 25.000 et 35.000 q. m. Le maximum de l'importation fut de 53.900 q. m., et correspond à l'année 1771. Malgré les tentatives répétées qui furent faites dans cette période sur les fers provenant de fontes préparées, soit avec les meilleurs minerais oxydulés des États de New-York, de New-Jersey, de Pensylvanie, soit avec les excellentes hématites brunes qui existent dans les mêmes États et surtout dans celui de Connecticut, on ne put obtenir les qualités qui étaient indispensables aux aciéries, et l'importation des fers à acier du Nord ne cessa de s'accroître. Ces essais, momentanément interrompus à la suite de la révolution américaine, furent repris, avec non moins d'ardeur, au commencement de ce siècle; quelques succès furent d'abord obtenus, et vers 1830 il existait, dans les États de New-York, de New-Jersey et de Pensylvanie, plusieurs aciéries de cémentation alimentées en grande partie par des fers indigènes obtenus de minerais oxydulés, à l'aide d'une méthode directe analogue à celle des Pyrénées. A la suite de la crise commerciale de 1842, les fers à acier de Suède qui ne trouvaient pas de placement en Angleterre, ayant été dirigés pour essai en Amérique, les fabricants de ce pays ne tardèrent pas à apprécier la supériorité que présentaient ces fers sur les sortes communes de Suède, les seules qui

eussent paru jusqu'alors sur le marché, et même sur les meilleurs fers du pays. Depuis ce moment, les aciéries d'Amérique paraissaient prendre leur essor. Vers le milieu de l'année dernière, il existait dans l'Amérique du Nord 18 fourneaux de cémentation actifs, qui élaboraient annuellement 24.600 q. m. de fers à acier, dont moitié environ provenait de la Suède et de la Norwége. Les principales expéditions ont été faites par les forges de Norwége et par celles du Wermland. Jusqu'à ce jour, les aciéries d'Amérique ne paraissent pas avoir reçu de fers de Danemora; les marques de troisième rang de la Norwége étaient vendues, vers le milieu de l'année dernière, à New-York, 107 dollars la tonne, lorsque le prix des fers à acier d'origine indigène ne dépassait pas 86 dollars (1).

(1) Les États-Unis d'Amérique consomment annuellement environ 2.100.000 q. de fer, dont le tiers importé des pays étrangers, et fourni presque entièrement par l'Angleterre et par la Suède. Le travail des forges américaines est encore essentiellement fondé sur l'emploi du charbon de bois. Ces forges produisent en abondance des sortes supérieures de fers qui sont employées avec grand succès pour la fabrication des tôles fines, du fil de fer, des ancres, des câbles, des vis à bois, des essieux de wagons, etc., et qui se vendent généralement à des prix supérieurs de 25 et même de 50 pour 100 aux prix des fers suédois de qualité ordinaire. On fabrique même à Salisbury, dans le comté de Lichfield (Connecticut), des fers provenant de minerais hydrates qui, par leur ténacité, paraissent, avec certains fers de l'Est de la France et du pays de Luxembourg, se placer au premier rang de tous les fers connus : comme ces derniers aussi, ils sont employés pour la fabrication d'excellents canons de fusil, et se vendent 100 pour 100 au-dessus du prix des fers ordinaires de Suède. Ces faits me semblent devoir fixer l'attention des personnes qui auront à trancher les questions que soulève en France la modification du tarif des

Les aciéries américaines n'emploient pas de fers russes, bien qu'on importe de Russie en Amérique des tôles et des fers de choix pour la fabrication des harpons de pêche, des pelles à terre, des clous de cheval, etc.

Les anciennes relations qui existaient entre le Danemark et la Norwége se sont continuées en grande partie, malgré la réunion de ce dernier royaume à la Suède : aussi les forges à acier de la Norwége expédient-elles en Danemark tout le fer qui y est converti en acier pour diverses fabrications, et notamment pour celle des faux. Les fers de Norwége paraissent se partager seulement entre le Danemark et l'Amérique du Nord. La marque norwégienne, qui est signalée dans mon mémoire de 1843 parmi les fers employés dans le Yorkshire, y était seulement introduite pour essai à l'époque où je visitai cette contrée pour la dernière fois. Elle n'a pu s'y soutenir au prix demandé ; il paraît qu'aujourd'hui elle a tout à fait disparu de ce marché.

Anciennes relations avec le Danemark.

En résumé, les fers à acier produits en Suède et en Norwége en 1845 se sont répartis à peu près ainsi qu'il suit entre les divers pays où existent des aciéries de cémentation :

Résumé sur le commerce des fers à acier de la Scandinavie.

---

fers à acier. Les résultats obtenus en Amérique après un siècle et demi d'efforts prouvent au moins que la fabrication des fers à acier avec les minerais qui, à tout autre point de vue, seraient réputés les meilleurs, n'est pas un problème facile à résoudre.

	q. m.
Grande-Bretagne	162.400
Suède	86.100
France	13.300
États-Unis d'Amérique	13.200
Danemark	5.000
Allemagne du Nord, Hollande, Italie, etc.	4.000
Total égal à la production	284.000

Aperçu historique sur le développement récent des usines à fer de Russie.

L'importance commerciale des usines à fer de Russie date des premières années du XVIII[e] siècle. Mais cet empire se trouvait alors dans les mêmes conditions où la Suède est encore aujourd'hui. La production des usines élevées dans les monts Ourals par le génie créateur de Pierre le Grand eut bientôt dépassé les besoins du marché intérieur; les usines qui furent créées en grand nombre jusqu'à la fin du même siècle ne purent donc prospérer qu'à la condition d'exporter leurs fers sur les marchés étrangers. Cette tendance des usines russes coïncida précisément avec l'essor des aciéries anglaises et avec la décadence des forges alimentées en Angleterre par le charbon de bois. Obligée de renoncer à la fabrication du fer forgé au moyen du bois, et n'ayant point encore constitué la fabrication à la houille, l'industrie anglaise accueillit avec faveur des fers qui lui assuraient une nouvelle source d'approvisionnement. Ainsi secondée par l'opinion publique, la concurrence des fers russes devint chaque année plus redoutable pour la Suède. Les fers russes, qui avaient paru pour la première fois en Angleterre en 1716, formaient déjà en 1731 un article important de commerce. Pendant la seconde moitié du dernier siècle et le commencement de celui-ci, l'importation des fers de Russie l'emporta constamment et sou-

Prépondérance des exportations russes pendant le dernier siècle.

vent de beaucoup sur la somme des importations de Suède et de Norwége. Le maximum de l'importation des fers russes correspond à l'année 1793; il s'éleva à 366.620 q. m., tandis que, la même année, la somme des importations de Suède et de Norwége ne dépassa pas 230.030 q. m. Des faits analogues se manifestèrent sur tous les marchés ouverts aux fers étrangers, particulièrement en Hollande, en France, aux États-Unis d'Amérique, etc.

Mais les développements inouïs qui ont été donnés, depuis le commencement de ce siècle, à l'agriculture et à l'industrie de l'empire russe ont complétement modifié cet état de choses. Un tel changement, dans un si court intervalle, est un des faits les plus remarquables que présente l'histoire du commerce du fer : c'est le résultat d'un ensemble de causes que je vais signaler succinctement. Diminution rapide des exportations russes.

Vers la fin du siècle dernier, presque toutes les usines qui existent aujourd'hui dans l'empire avaient été créées dans les localités qui offraient pour ce genre d'industrie des conditions favorables, et leur production avait été portée au taux que comportaient les ressources forestières du pays. Depuis lors, la production, limitée par la nature des choses, par les règlements d'administration publique et par plusieurs causes que j'indiquerai plus loin, est restée à peu près stationnaire, et, d'un autre côté, la consommation du fer n'a cessé de s'accroître dans la même proportion que tous les éléments de l'activité nationale.

L'une des causes qui paraît avoir le plus influé sur l'essor de la consommation du fer en Russie est l'établissement des grandes fabriques de tôle de Accroissement de la consommation intérieure.

l'Oural et de la Haute-Kama, et la propagation de l'emploi de ce produit. La préparation des tôles fines et moyennes a été poussée, en Russie, à un tel degré de perfection, que cette substance est devenue d'un usage général pour la fabrication d'une foule d'ustensiles de l'économie domestique et industrielle, pour l'art de la fumisterie, pour la couverture des maisons, etc. C'est sous cette forme que s'expédie en grande partie le fer que la Russie envoie encore aujourd'hui dans l'Amérique du Nord.

Depuis une dizaine d'années les exploitations d'alluvions aurifères ont pris, dans l'Oural et dans la Sibérie orientale, un développement jusqu'ici sans exemple : on en donnera une idée par ce seul fait que, cette année, la valeur de l'or produit atteindra vraisemblablement 90 millions de francs. Obligée d'opérer avec une population très-limitée sur d'immenses quantités de matière (1), cette nouvelle branche d'industrie minérale a dû demander tout à coup un grand nombre d'outils et d'objets en fer; elle a dû recourir en outre aux machines à vapeur et à un ensemble de moyens mécaniques qui exigent l'emploi d'une grande quantité de ce métal. Il en est résulté tout à coup pour certaines usines un débouché fort important.

Dernièrement enfin, la construction du chemin

(1) Beaucoup d'alluvions exploitées avec profit dans l'Oural tiennent seulement 1 partie d'or dans 2 millions de parties de matières terreuses ou pierreuses. J'ai vu traiter des résidus déjà travaillés à une époque antérieure, et qui ne tenaient pas plus que 1 partie sur 4 millions. Les exploitations de cette année conduiront à extraire, transporter ou manipuler environ 50.000.000 de tonneaux. C'est beaucoup plus que le poids des matières extraites et élaborées par les houillères et les usines à fer de la Grande-Bretagne.

de fer de Saint-Pétersbourg à Moscou, aujourd'hui achevé en grande partie, a donné lieu de constater que la consommation ordinaire de l'empire est à peu près en équilibre avec les moyens de production des forges indigènes. Le gouvernement russe attachait une grande importance à ce que les rails et toutes les fournitures métalliques exigées par cette nouvelle voie fussent fabriqués en Russie. Le cahier des charges imposa aux constructeurs du chemin l'obligation d'employer des rails russes à un prix qui excédait de 66 p. o/o le prix auquel les rails pouvaient être achetés hors de Russie. Les propriétaires de forges, répondant à l'appel du gouvernement, s'associèrent pour créer une usine centrale dans laquelle on étudia, sur les fers produits dans les principaux établissements de l'Empire, les méthodes métallurgiques qui étaient le mieux appropriées à la nature des forges russes. Ces méthodes furent même appliquées dans plusieurs forges, et j'y ai vu en 1844 des rails qui offraient déjà la plupart des caractères d'une excellente fabrication. Mais l'expérience qui fut ainsi faite des quantités de combustible exigées par cette nouvelle industrie, démontra aussitôt que les ressources forestières dont chaque forge dispose ne permettraient pas de suffire aux consommations de l'ancienne et de la nouvelle clientèle : bien que le sentiment national eût été vivement excité à la pensée d'admettre en Russie les rails étrangers, aucune forge ne put se charger de participer à la fourniture des rails du chemin de fer de Moscou, et celle-ci a dû être faite exclusivement par les forges étrangères. Par suite de cette circonstance, les exportations de fer de Russie auront été, dès l'année 1843, inférieures aux importations.

Comparaison des exportations de fer de la Suède et de la Russie de 1711 à 1843.

Le tableau suivant, où se trouvent indiquées les importations de fer faites en Grande-Bretagne à diverses époques, depuis le commencement du XVIIIe siècle, par la Suède et la Norwége, par la Russie et par les divers autres pays, résume à beaucoup d'égards les faits que je ne puis indiquer ici que très-sommairement. Il montre que pendant toute la durée du siècle dernier les importations de fers du Nord ont rapidement augmenté, non-seulement pour alimenter les aciéries, mais surtout pour combler le vide que laissait, dans tous les autres emplois, la décadence des forges au bois de la Grande-Bretagne. Depuis le commencement de ce siècle, au contraire, les fers anglais, préparés en tout ou en partie au moyen de la houille, ont peu à peu remplacé les fers au bois du Nord pour tous les usages autres que la fabrication de l'acier; l'importation des fers du Nord a donc constamment diminué jusqu'en 1820, bien que, dans le même intervalle, la consommation des aciéries n'eût cessé de s'accroître. A dater de 1820, l'importation des fers du Nord, suivant le progrès des aciéries, contrariée toutefois, pour les sortes inférieures, par la concurrence de quelques fers au bois d'Angleterre, a constamment suivi les phases du développement des aciéries. Le même tableau indique aussi très-clairement que jusqu'en 1793 l'importation des fers russes a augmenté dans une progression beaucoup plus rapide que celle des fers suédois. Dans les périodes suivantes, et jusqu'en 1843, l'importation des fers russes n'a cessé de décroître; et, ce qui est remarquable, c'est que ce mouvement rétrograde s'est accéléré, lors même que l'importation des fers suédois éprouvait de nouveau un accroissement considérable.

TABLEAU des quantités de fers importés de divers pays en Grande-Bretagne pour la consommation intérieure, de 1711 *à* 1843.

ANNÉES.	QUANTITÉS IMPORTÉES de Suède et de Norwége.	de Russie.	de tous les autres pays.	TOTAL.	OBSERVATIONS.
	q. m.	q. m.	q. m.	q. m.	
1711	60.000	»	15.240	75.240	Les chiffres relatifs aux années 1711 à 1782 ne comprennent pas l'importation, certainement très-faible, qui avait lieu en Écosse.
1716	79.070	350	8.560	87.980	
1730	104.590	3.640	6.850	115.080	Pour les années comprises de 1786 à 1799, l'importation en Écosse a varié de 42.490 q. m, a 59.460 q. m. On ne connaît pas pour ces quatre années l'origine de cette partie de l'importation : on a supposé qu'elle avait les mêmes sources que celle qui a été faite, les mêmes années, dans les autres parties de la Grande-Bretagne.
1731	91.570	13.270	6.120	110 960	
1732	81.910	32.830	8.610	123.350	
1754	241.370	62.720	22.880	326.970	
1755	198.060	101.802	13.800	312.960	
1762	»	»	»	342.390	
1775	»	»	»	443.470	Pour obtenir les quantités de fers étrangers consommés en Grande-Bretagne de 1836 à 1843, on a déduit de la quantité totale importée la quantité relativement faible réexportée dans d'autres pays. On a supposé que les fers ainsi réexportés avaient la même origine que les fers importés pour la consommation intérieure.
1786	200.820	289.640	2.960	493.420	
1789	230.770	279.050	8.780	518.600	
1793	230.030	366.620	2.400	599.050	
1796	212.730	325.860	2.700	541.290	
1799	196.410	234.410	60.220	491.040	
1820	»	»	»	79.030	Les importations suédoises, restreintes, à la suite des importations exagérées de 1841, par la crise commerciale qui a régné en 1842 et en 1843, ont repris en 1844 leur mouvement ascendant. En 1845, elles auront certainement dépassé 160.000 q. m.
1836	141.900	62.000	2.060	205.960	
1837	102.880	62.260	4.060	169.200	
1838	131.220	53.200	4.930	189.350	
1839	142.120	26.860	1.020	170.000	
1840	114.320	21.880	550	136.750	
1841	176.280	30.520	830	207.630	
1842	138.550	28.810	4.110	171.470	
1843	83.030	11.610	580	95.220	

Aux renseignements contenus dans ce tableau, il convient d'ajouter la mention d'un fait qui prouve combien les conditions commerciales de la Russie se sont modifiées depuis un demi-siècle. L'Angleterre qui, en 1843, n'a reçu de la Russie, pour la consommation intérieure et pour la réexportation, que 16.540 quint. métr. de fer, y a importé au contraire, cette même année, 115.306 quint. metr. de ce même métal.

Deux gîtes de minerais propres à la production des fers à acier : Vouissokogorsk et Boulan.

On ne connaît en Russie que deux gîtes de minerais produisant des fers propres à la fabrication de l'acier. Beaucoup de fers provenant d'autres minerais ont été essayés à Nijni-Novogorod dans le principal groupe d'aciéries de cémentation de la Russie : ces essais, que conseille naturellement au fabricant le bon marché des marques communes, se poursuivent en Russie depuis 1764, date de la fondation des aciéries de Nijni-Novogorod. Ils ont constamment eu pour résultat de faire rejeter par les aciéries tous les fers autres que ceux des deux gîtes que je signale : aussi, en 1844, sur une quantité totale de 25.400 quint. métr., élaborée par les aciéries de Nijni-Novogorod, les deux gîtes de minerais de fer à acier ont-ils fourni 24.500 q. m.

Le gîte le plus considérable est un puissant dépôt de fer oxydulé, situé sur le revers oriental ou sibérien des monts Ourals, à 50 kilom. environ de la ligne de faîte, par le 58e degré de latitude nord, à 130 kilom. environ au nord de la ville d'Ékatérinebourg. Ce gîte, connu dans le pays sous le nom de *Vouissokogorsk*, est divisé en six concessions, qui appartiennent à autant de propriétaires. Les minerais, fusibles sans addition, sont ordinairement fondus dans de très-grands hauts-fourneaux

au charbon de bois, qui rendent jusqu'à 20.000 kil. de fonte en 24 heures. La fonte est également affinée au charbon de bois par une méthode particulière à la chaîne de l'Oural, et qui se distingue surtout, au premier aspect, de celles qu'on pratique dans l'ouest de l'Europe, par la quantité considérable de fonte (160 à 337 kilogr.) affinée dans chaque opération. L'affinage et l'étirage du fer sont toujours opérés dans le même feu. Comme les méthodes suédoises employées pour la fabrication des fers à acier, la méthode sibérienne consomme beaucoup de combustible : pour une partie de fer de bonne qualité, cette consommation atteint ou dépasse trois parties. La consommation de fonte, plus considérable que dans les méthodes suédoises, monte à 1,50 pour 1,00 de fer obtenu.

Le deuxième gîte est exploité sur le versant européen des monts Ourals, à 50 kilomètres du point où l'Iourzen est déjà navigable, par le 55e degré de latitude nord, à 280 kilomètres environ au S.-O. d'Ékaterinebourg. Situé sur les bords du *Boulan*, affluent de l'Iourzen, dont les eaux se jettent successivement dans l'Oufa, la Biélaïa et le Volga, ce gîte est divisé en trois concessions ; le minerai composé principalement de fer oxydé hydraté, fusible avec une addition de 6 p. 100 de carbonate de chaux, rend en grand de 62 à 64 p. 100 de fonte : il est fondu dans de grands hauts-fourneaux qui produisent de 10.000 à 16.000 kil. de fonte en 24 heures. La fonte est affinée comme dans le groupe de Vouissokogorsk, avec les mêmes consommations en fonte et en combustible.

Les métallurgistes de l'Oural n'ont jamais, au reste, établi de différences entre la fabrication des fers à acier et celle des autres sortes de fer : cette

Les fers à acier ne constituent pas en Russie une fabrication spéciale.

industrie n'a jamais constitué pour eux une spécialité, et le nom même de *fer à acier* est complétement inconnu dans la langue métallurgique de l'Oural; les forges n'introduisent donc sous ce rapport aucun classement dans leurs produits : sur le marché de Nijni-Novogord, à l'époque de la grande foire qui y réunit les peuples commerçants des régions contiguës de l'Europe et de l'Asie, toutes les barres provenant d'une même forge sont vendues indistinctement et au même prix, soit pour la fabrication de l'acier, soit pour tous les autres emplois auxquels convient cette sorte de fer.

Il n'existe aucun moyen direct d'apprécier la quantité de fer à acier qui est annuellement livrée au commerce par les forges russes : celles de ces forges qui fabriquent ce fer, n'établissant ni choix dans les sortes, ni différence dans les prix, n'ont elles-mêmes aucun moyen de connaître la destination qui est donnée à leurs produits. Les seuls documents auxquels on puisse avoir recours pour estimer la quantité de fers à acier livrés par la Russie sont donc : la production totale des forges où se produisent accessoirement les fers de cette sorte, la quantité et la provenance des fers russes employés par les aciéries indigènes et étrangères. De ces documents présentés ci-après, on conclut que les fers à acier n'entrent que pour un vingt-cinquième dans la production totale des forges russes et pour un dixième environ dans la production totale des deux groupes alimentés par les minerais de Vouissokogorsk et du Boulan.

Production totale des 2 groupes où se fabriquent accessoirement des fers à acier.

Les hauts-fourneaux et les forges qui traitent les minerais de Vouissokogorsk ont été construits de 1702 à 1788, c'est-à-dire pendant la période de développement de l'ensemble des usines

à fer de Russie. A cette dernière époque, le nombre des usines avait atteint et même dépassé le terme que comportaient les ressources forestières de cette région : et depuis lors la production du fer y a subi un décroissement notable. En 1816 et en 1825, à la vérité, de nouveaux hauts-fourneaux ont été élevés dans la propriété d'Alapaevsk, l'une de celles qui participent à la concession de Vouissokogorsk. Mais pour donner un affouage en charbon à ces nouveaux appareils, il a fallu les établir en Sibérie en dehors de la région des forges de l'Oural, à plus de 150 kilom. à l'est de la ligne de faîte. Le tableau suivant indique le nom et la production totale annuelle des six groupes partiels de forges entre lesquelles la concession de Vouissokogorsk est divisée; on y a indiqué les dates de la construction des divers hauts-fourneaux qui en dépendent : ces dates concordent, comme on voit, parfaitement avec le progrès de l'importation des fers russes en Grande-Bretagne.

			q. m.
Usines de	Werkhné-Issetsk.	1716-1720-1747-1762-1773	110.500
Idem	Nijni-Taguilsk. .	1725-1784	71.900
Idem	Alapaevsk. . . .	1775-1816-1825	65.800
Idem	Néviansk.	1702 (1)-1788	52.500
Idem	Souksounsk. . . .	1729-1783	38.000
Idem	Revdinsk.	1734	28.600
		Total.	367.300

Il paraît qu'à aucune époque les fers produits

(1) L'usine de Néviansk avait été construite dès 1669; mais la prospérité de cet établissement et l'origine de la métallurgie du fer de l'Oural ne datent réellement que de 1702, époque où cette forge fut concédée par Pierre le Grand à Nikita Antonfieff Démidoff.

dans ce groupe n'ont été exclusivement fabriqués avec les minerais de Vouïssokogorsk. On a toujours associé ceux-ci à une grande proportion de minerais hydratés; dans plusieurs forges même, notamment dans celles de Revdinsk, de Souksounsk et d'Alapaevsk, ces derniers minerais ont toujours été très-dominants. Le désir d'améliorer la fabrication des produits spéciaux à ce groupe de forges, la raison d'économie et enfin l'insuffisance des concessions de Vouissokogorsk, sont les principaux motifs qui ont conduit les exploitants à entreprendre ces mélanges. Les directeurs des grandes forges de l'Oural, ne s'étant jamais préoccupés spécialement de la fabrication des fers à acier, ne se sont point appliqués à apprécier sous ce rapport l'influence des diverses associations de minerais; ils n'ont donc point, comme les Suédois, d'opinion arrêtée à cet égard; mais cette influence, en ce qui concerne la fabrication de leurs produits principaux, et par exemple celle des tôles, leur est parfaitement connue. Leur jugement, rapproché de la connexion intime qui me paraît exister entre les qualités caractéristiques des tôles russes et celles des fers à acier, conduit aux mêmes conclusions que l'expérience des Suédois : il semble démontrer que la propension aciéreuse est surtout communiquée aux fers de ce groupe par les minerais provenant de certaines régions très-restreintes du gîte de Vouissokogorsk.

Les trois usines alimentées par les mines du Boulan ont été construites de 1757 à 1761. Les fers à acier ne forment également que la moindre partie de leur production : celle-ci s'élève moyennement, pour chaque forge, aux quantités indiquées ci-après :

		q. m.
Simsk.	1761.	31.900
Katav-Ivanovsk. .	1757.	23.700
Jourzen-Ivanovsk.	1759.	22.900
		78.500

Ces forges, comme on l'a dit, exploitent, dans des concessions différentes, les dépôts ferrifères du Boulan; on compose même, dans chacune d'elles, des mélanges assez complexes de minerais. A cela près, les trois usines emploient les mêmes moyens de fabrication : les différences établies (voir p. 81) par les aciéries de Nijni-Novogorod et de Sheffield, dans la valeur de leurs fers, offrent donc une nouvelle preuve de l'influence qu'il faut attribuer à la qualité des minerais.

La révolution commerciale dont j'ai signalé les principaux résultats pour l'ensemble du commerce des fers, s'est accomplie particulièrement dans les forges qui sont en position de produire les meilleurs fers à acier, et la décroissance des exportations de fers en barres s'est surtout fait sentir dans le groupe de Vouissokogorsk.

Causes de la diminution des exportations de fers en barres de Vouissokogorsk.

Ce furent les fers de Néviansk qui pénétrèrent les premiers sur les marchés de la Grande-Bretagne; dès l'origine de l'importation, en 1716, les Anglais en apprécièrent les bonnes qualités pour la plupart des usages. Il en fut de même successivement des autres fers de Vouissokogorsk qui, pendant toute la durée du XVIIIe siècle, dominèrent sur le marché. Une faible quantité de ces fers employés dans les aciéries était classée au niveau des marques suédoises de 3e et de 4 rang. Mais aujourd'hui la marque de Néviansk, qui était, il y a peu de temps encore, cotée sur toutes

les listes de prix courants, paraît ne plus venir en Angleterre; la plupart des autres marques se sont également éloignées de ce marché, parce que chaque jour l'activité des forges de ce groupe trouve à s'exercer dans une direction plus avantageuse.

Les principales forges qui ont part à la concession du gîte de Vouissokogorsk, savoir: Werkhné-Issetsk, Nijni-Taguilsk, Néviansk, sont, de toutes les propriétés particulières de l'Oural, celles où, depuis 1825, on extrait les plus grandes quantités de métaux précieux. Pour chacune des deux premières, la production annuelle de l'or a souvent été comprise entre 820 et 980 kilogr.; dans la seconde, pendant ces dernières années, la production annuelle du platine a presque toujours dépassé 1.600 kilog. Dans les trois propriétés réunies, la quantité de minerai extraite et élaborée pour la production des métaux précieux a dépassé ordinairement 20 millions de quintaux métriques, et il a fallu en outre extraire et transporter plus de 30 millions de quintaux de matières stériles. C'est également dans les propriétés les plus voisines du gîte de Vouissokogorsk qu'ont été découvertes depuis 1813 les plus riches mines de cuivre de la Russie. On conçoit donc que l'activité de la population, et les matières brutes produites par le sol, combustibles, bois, fers, etc., aient été, depuis ces mémorables découvertes, appliquées de préférence à l'extraction des métaux d'une haute valeur, dans une contrée si éloignée des marchés d'Europe.

Depuis 1840, les exploitations aurifères de la Sibérie centrale s'étant développées dans une contrée dépourvue de fer, plus rapidement encore que les exploitations de l'Oural, les usines à

fer de ce dernier district trouvèrent tout à coup, dans la Sibérie même, un débouché considérable. Tobolsk devint un marché important pour les fers bruts, pour les fers ouvrés sous forme de tôles, clous, pelles à terre, pioches, machines à laver et à débourber, pour les machines à vapeur, etc. Ce débouché fut naturellement acquis aux principales forges du groupe de Vouissokogorsk, qui sont les plus rapprochées de cette ville et qui sont situées sur des rivières navigables dont les eaux passent à Tobolsk même.

Mais la circonstance qui a le plus influé sur la direction imprimée aux travaux des forges de Vouissokogorsk est le développement extraordinaire donné depuis cinq ans, dans ce district, à la production des tôles. Les minerais de Vouissokogorsk montrent des qualités si éminentes pour la fabrication des tôles de toute dimension et de toute épaisseur; celles-ci sont tellement recherchées dans tout l'empire et même sur tous les marchés étrangers où les tarifs de douane leur permettent de pénétrer, que les exploitants, en convertissant leurs fers en tôle, trouvent généralement un bénéfice de 50 p. o/o plus élevé que celui qu'ils obtiendraient en le vendant à l'état de barres (1). Si la consommation des tôles conti-

(1) La fabrication de la tôle est certainement l'une des branches les plus originales de la métallurgie des monts Ourals. Ce produit, qui s'y élabore surtout en feuilles de $1^m,42$ sur $0^m,71$, y a été porté à un degré de perfection absolument inconnu dans l'ouest de l'Europe. Cette haute qualité me paraît être liée intimement à la propension aciéreuse du fer, et la méthode de l'Oural n'est en quelque sorte qu'un nouveau moyen de mettre en jeu cette propriété. Les métallurgistes du groupe de Vouissokogorsk,

nue à prendre le même essor, les forges de Vouissokogorsk élaboreront très-prochainement sous cette forme, la totalité des fers qui ne seront pas impérieusement réclamés par la consommation locale, ou par les exploitations aurifères de la Sibérie centrale. Déjà les usines de Verkhné-Issetsk, les plus importantes de ce groupe, ont accompli cette révolution dans leurs moyens de fabrication : la forge de Régevsk qui en dépend, construite récemment en vue de la nouvelle fabrication, et où s'élaborent annuellement 25.000 quint. métr. de fers, est certainement aujourd'hui la plus belle tôlerie de l'Europe. Dans les usines de Nijni-Taguilsk, elle était déjà fort avancée, puisque pendant les années précédentes on n'avait préparé, sous forme de grosses barres et d'objets destinés à la consommation sibérienne, que le tiers de la production totale. Lorsque je visitai les forges d'Alapaevsk, on venait d'y établir une puissante turbine qui donnait le mouvement à deux laminoirs à tôle : la production annuelle de ce produit y était déjà portée à 16.000 q. m.

Cette tendance des forges de Vouissokogorsk, favorisée par un ensemble remarquable de condi-

---

et à leur tête M. Alexis Jacovleff, ont été conduits à exploiter de cette manière les utiles qualités de leur minerai, parce que, d'une part, dans l'est de l'empire, en Perse, en Boukharie, etc., où se consomment surtout les aciers russes, on recherche beaucoup plus le bon marché que la qualité du produit, et que, de l'autre, dans toute la Russie, on attache une grande importance à la fabrication des tôles de qualité supérieure. C'est par ce motif que, toute déduction faite à raison des frais spéciaux de fabrication, le bon fer à acier de Russie se paye sous forme de tôle, sur les marchés indigènes et étrangers, beaucoup plus cher que sous forme de barres brutes.

tions techniques et commerciales, a été en grande partie commandée par leur position même. Ces forges, en effet, situées en Sibérie à des distances du sommet de l'Oural, qui varient de 50 à 150 kilomètres, se trouvent, par comparaison avec les forges établies sur le versant opposé de la chaîne, dans des conditions relativement défavorables pour exporter leurs produits en Europe. Ceux-ci doivent franchir les montagnes par des routes de terre et par des cols plus ou moins élevés pour aller chercher, vers l'Ouest, au pied de l'Oural, les cours d'eau à l'aide desquels on doit les transporter sur les principaux marchés de l'empire. Les forges ont donc un grand intérêt à employer ou à vendre sur place leurs fers pour la production de métaux de plus grande valeur, puis à façonner autant que possible, afin d'en accroître la valeur marchande, tous les fers qui ne peuvent trouver emploi en Sibérie. La fabrication des tôles remplit parfaitement ce but dans le groupe de Vouissokogorsk.

La même révolution commerciale est moins avancée pour les fers du Boulan.

Les forges alimentées par la mine du Boulan sont dans des conditions géographiques et dans des conditions commerciales assez différentes. Elles sont placées complétement en dehors de la région aurifère, et l'on ne connaît, jusqu'à présent, dans leur territoire, aucun métal plus précieux que le fer; elles ne peuvent concourir avec les forges situées sur le versant oriental de l'Oural pour fournir le fer, les objets de ferronnerie et les machines, aux exploitations aurifères de la Sibérie centrale. En revanche, situées sur des cours d'eau navigables affluents du Wolga, qui, dans les forges mêmes ou à peu de distance, por-

tent déjà des barques chargées de 100 tonneaux, elles se trouvent mieux placées que les principales forges du groupe de Vouissokogorsk pour exporter des fers peu façonnés. Elles continueront donc vraisemblablement, plus longtemps que ces dernières, à exporter du fer en barres par la Baltique et par la mer Noire. Toutefois les forges de Boulan ne se sont jamais adonnées spécialement à la fabrication des fers à acier : elles ont en outre commencé, dans ces derniers temps, à fabriquer des tôles qui paraissent se classer immédiatement après celles de Vouissokogorsk.

De ces différences, dans les conditions techniques et commerciales propres à chaque groupe de forges, il est résulté que la diminution des exportations des fers russes dans les pays étrangers et notamment sur le marché de la Grande-Bretagne, s'est fait sentir moins vivement sur les fers du Boulan que sur ceux de Vouissokogorsk. Par les mêmes motifs, les fers de Vouissokogorsk qui étaient d'abord employés presque exclusivement par les aciéries de Nijni-Novogorod, y ont été peu à peu remplacés par ceux du Boulan. Les 25.400 quintaux de fers élaborés, en 1844, par les aciéries de ce district, avaient en effet l'origine et la valeur indiquées ci-après (1) :

(1) Ces sortes de renseignements sont aussi difficiles à recueillir en Russie qu'en Angleterre : c'est donc pour moi un devoir d'offrir ici un témoignage de reconnaissance à M. le prince d'Ouroussoff, gouverneur de la province de Nijni-Novogorod, qui, malgré les nombreuses occupations qu'entraînait le concours de tous les peuples réunis à la foire de Nijni, a bien voulu m'accompagner lui-même dans les principales aciéries, et seconder par son intervention personnelle les recherches dont je signale ici quelques résultats.

DÉSIGNATION DES MINES ET DES FORGES.		PRIX du poud.	PRIX du q. m.	POIDS des fers à acier.	
		r.	fr.	q m.	q. m.
Fers du Boulan......	Iourzen-Ivanovsk	4,00	27,86	12 600	18.500
	Katav-Ivanovsk. .	3,80	26,46	5,000	
	Simsk........	3,80	26,46	900	
Fers de Vouissokogorsk.	Nijni-Taguilsk. . .	4,80	33,43		6.000
Fers divers.	Kinovsk.	3,30	22,98	600	900
	Nijni-Toura. . . .	3,60	25,07	150	
	Iougovsk......	3,40	23,68	150	
Total........................					25.400

J'ai donné, dans mon mémoire sur les aciéries du Yorkshire, les prix courants des quatre marques russes qui étaient employées à Sheffield en 1842. Ces prix classaient les premières marques russes au niveau des marques suédoises de troisième rang : depuis cette époque, ainsi que je l'ai indiqué ci-dessus, la marque de Néviansk a disparu du marché : les prix que j'ai constatés cette année, en Suède, pour les marques analogues, me donnent lieu de penser que, pour les trois autres marques, les prix de 1842 ont peu varié et sont maintenant compris entre 16 et 18 liv. sterl. par tonne anglaise. Les quantités importées par chaque forge y sont vraisemblablement dans les mêmes rapports que sur le marché de Nijni-Novogorod.

Résumé sur la production des fers à acier en Russie.

La production des fers russes employés pour la fabrication de l'acier n'excède pas, aujourd'hui, 42.600 q. m. et se répartit probablement comme l'indiquent les chiffres suivants :

		q. m.	q. m.
Aciéries	de Nijni-Novogorod.	25.400	34.300
Idem	des autres parties de l'empire.	8.900	
Idem	de Grande-Bretagne.		11.600
Idem	de France.		2.700
			48.600

En résumé, pour les fers à acier, comme pour toutes les autres sortes de fer en barres brutes, les forges russes trouvent dans l'intérieur de l'empire leur principal débouché et ont à peu près renoncé aux marchés étrangers. Le développement extraordinaire que prennent les tôleries de l'Oural complétera vraisemblablement cette révolution d'ici à un petit nombre d'années. Si pendant quelque temps encore, la Russie doit continuer à exporter une faible quantité de fer, ce sera surtout sous forme de tôle, ainsi qu'il arrive déjà pour les exportations dans l'Amérique du Nord. C'est seulement sous cette forme que les fers russes restent jusqu'à ce jour sans rivaux sur les marchés neutres.

Différence dans la situation relative des forges de Suède et de Russie.

Le décroissement rapide des exportations de fers russes sur les marchés de la Grande-Bretagne et de l'Amérique du Nord s'explique naturellement quand on examine la situation relative des forges de Suède et de Russie.

La production du fer en Russie, limitée par la nature des choses et par l'essor des autres branches de l'industrie minérale, ne paraît point avoir dépassé, depuis le commencement de ce siècle, le total de 1.100.000 q. m., qui avait été atteint dès 1793. L'essor des forges suédoises, favorisé par les conditions que j'ai signalées, a été, au contraire, très-prononcé dans le même intervalle; de 1833

à 1843 seulement, la production suédoise a augmenté de 664.000 q. m. à 907.000 q. m.

En Suède, la quantité de fer consommée est moindre que le dixième de la production totale. Les forges n'y ont donc point d'autre alternative que de suspendre leur fabrication ou d'exporter leurs produits aux conditions que l'acheteur étranger veut bien fixer. En Russie, la consommation intérieure s'est rapidement accrue dans les derniers temps au point qu'à l'inverse de ce qui a lieu en Suède, elle comprend plus des 9/10 de la production, et règle exclusivement le prix des fers. La continuation des mêmes causes doit prochainement amener la cessation des exportations.

En ce qui concerne le commerce des fers à acier, les forges suédoises produisent des qualités supérieures qui sont restées sans rivales jusqu'à ce jour, et qui ont toujours trouvé en Grande-Bretagne un placement avantageux. Les meilleurs fers à acier de la Russie ne peuvent être assimilés qu'aux sortes moyennes de Suède, pour la fabrication de l'acier, mais elles présentent des qualités particulières pour la fabrication de tôles de choix, extrêmement recherchées en Russie et en Amérique (1), et qui jusqu'à ce jour n'ont pu être fabriquées ailleurs que dans les forges russes. Mal-

(1) J'estime qu'en 1844 les forges russes auront élaboré sous forme de tôle au moins le quart de leur production totale. Dès l'année 1841, sur une importation totale de 36.752 q. m. de tôle, les États-Unis d'Amérique avaient reçu :

	q. m.	q. m.
De Grande-Bretagne.	21.866	36.752
De Russie.	14.108	
D'autres pays.	778	

gré de profondes différences dans la constitution de la propriété, les forges russes et suédoises se trouvent à peu près dans les mêmes conditions économiques pour ce qui concerne les éléments principaux de la production. L'identité des conditions naturelles a conduit les exploitants de l'Oural et ceux de la Scandinavie à adopter le même régime pour l'exploitation des combustibles et l'organisation des transports, base essentielle de la production dans les deux contrées. Dans l'Oural, comme en Suède, la matière première ferreuse, sous les états successifs de minerai, de fonte, de massiaux, de barres brutes, doit souvent franchir des distances considérables pour aller chercher le combustible : dans le groupe de Vouissokogorsk, par exemple, le fer à l'état de minerai va souvent vers l'est dans les forêts de la Sibérie, à des distances comprises entre 60 et 130 kilomètres, pour recevoir la forme sous laquelle il doit être vendu. Ceux de ces fers qui sont destinés aux marchés d'Europe doivent ensuite revenir en sens inverse et franchir la chaîne de l'Oural. Tous ces transports se font exclusivement par voie de terre, au moyen du traînage et rarement du roulage. Les forges sibériennes sont dans de meilleures conditions que les forges suédoises par suite de la plus grande fertilité du sol et de l'abondance des vivres et des fourrages. Les forges suédoises, de leur côté, trouvent dans l'exploitation simultanée du bois d'œuvre et des combustibles, dans la multiplicité des lacs et des rivières propres au flottage et à la navigation, des avantages qui sont refusés aux forges de l'Oural ; en somme, les conditions techniques et économiques des deux groupes métallurgiques se balancent à beaucoup d'égards.

Mais les forges suédoises trouvent dans leur position géographique les moyens d'alimenter, avec un avantage décidé, tous les marchés où se consomment de grandes quantités de fer.

Situation avantageuse des forges suédoises pour le commerce d'exportation.

On a vu précédemment que la mine et les forges de Danemora, qui seules produisent des fers à acier de premier et de second rang, sont situées moyennement à 30 kilomètres de la mer. Pour les forges qui produisent les marques de troisième, de quatrième et de cinquième rang, la distance est souvent très-faible : jamais elle ne dépasse 200 kilomètres, et dans ce cas elle est presque exclusivement franchie au moyen d'excellentes voies navigables; dans ce cas aussi, les barques chargées se dirigent toujours dans le sens du courant. En Sibérie, les forges qui disposent des meilleurs minerais de fers à acier, doivent d'abord, pour trouver des voies navigables, faire franchir à leurs produits, exclusivement par voie de terre et par les cols des monts Ourals, des distances ordinairement comprises entre 100 à 200 kilomètres. Les cours d'eau qui amènent les produits dans les grands fleuves de la Russie centrale ne sont navigables que pendant quelques jours du printemps, à l'époque de la fonte des neiges. Parvenus au Wolga, les produits doivent d'abord remonter le cours de ce fleuve pour se rendre dans le système de rivières, de canaux et de lacs qui établit une communication entre ce fleuve et le port de Saint-Pétersbourg. Les produits qui, en moindre quantité, se rendent dans la mer Noire, à Odessa, descendent d'abord le Wolga jusqu'au point où ce fleuve passe à la moindre distance du Don : en ce point les barques de Sibérie sont déchirées, et

les matériaux avec les métaux sont transportés par charretage jusqu'au Don, à 50 kilomètres environ. Là, les métaux sont chargés sur des radeaux, qui les amènent à Rostov, à la partie inférieure du fleuve; transbordés à Rostov sur de petits bateaux, ils sont amenés au port de Taganrog; de là enfin, chargés sur des navires dont le tirant d'eau est approprié à la faible profondeur de cette partie de la mer d'Azoff, ils sont dirigés sur Odessa. Les distances franchies de cette manière depuis le lieu d'embarquement, au pied des monts Ourals, dépassent 3.000 kilomètres pour les métaux dirigés sur Saint-Pétersbourg, et 4.000 kilomètres pour ceux dirigés sur Odessa. Parvenus à Saint-Pétersbourg, qui est le principal port d'expédition pour l'Europe occidentale et l'Amérique du Nord, les métaux ont à franchir, pour arriver à la mer d'Allemagne, 500 kilomètres de plus que ceux qui partent de Stockholm, et 1500 kilomètres de plus que ceux qui partent de Götheborg.

Il résulte de cet état de choses, que le minerai transporté aux forges suédoises par traînage pendant l'hiver, et qu'on passerait au fourneau dès le début de la campagne, lorsque les eaux commencent à abonder, pourrait être aisément converti en fer, et amené à Sheffield, dans un intervalle de six semaines. Dans les forges de Sibérie, au contraire, le fer fabriqué au début de la campagne (1) doit rester en magasin pendant une année, jusqu'à la première fonte de neiges, vers la fin d'avril;

(1) La plus grande partie des fers est fabriquée dans les forges sibériennes, du 15 avril au 1er juillet, parce que c'est la seule époque de l'année où les eaux soient abondantes. Pendant l'été le travail des forges est complé-

ordinairement les barques sont surprises par la gelée à l'automne, dans le trajet du Wolga à la Baltique : elles n'arrivent en général à Saint-Pétersbourg qu'au commencement de l'été suivant, et par conséquent à Sheffield, vers la fin du même été. Le fabricant de l'Oural, qui autrefois était obligé d'exporter en Europe ses produits, devait compter deux ans et neuf mois pour la durée moyenne de la réalisation de ses produits. On conçoit donc aisément l'étendue des charges qu'entraînait, dans un pareil système, le fonds de roulement nécessaire aux exploitants, et l'avantage qu'ils trouvent aujourd'hui dans les débouchés locaux qu'ils se sont créés.

Le commerce des bois de construction n'existe ni à Saint-Pétersbourg, ni à Odessa ; les marchandises qu'on en exporte sont généralement plus lourdes que les bois qui forment, avec le fer, à peu près le seul article de commerce de Götheborg et de Stockholm : le fret est donc généralement plus élevé pour les fers russes que pour les fers suédois.

En résumé, les frais de toute nature qui pèsent, sur 100 kilog. de fer, depuis l'époque de leur production jusqu'à celle de leur arrivée aux aciéries de Sheffield, s'élèvent moyennement à 11 fr. pour les fers suédois, et à 23 fr. pour les fers de Sibérie.

Les faits que je viens d'exposer touchant les propriétés, la production et le commerce des fers à acier du nord de l'Europe, rapprochés de ceux qui

Conclusion sur la production et le commerce des fers à acier du Nord.

---

tement suspendu ; la population tout entière s'applique aux travaux agricoles, à la récolte et aux transports des foins, source principale de l'aisance dont elle jouit.

faisaient l'objet de mon mémoire sur les aciers de Yorkshire, conduisent aux conclusions suivantes :

Le district du Danemora en Suède est le seul lieu du monde où l'on ait produit jusqu'à ce jour des fers à acier de qualité tout à fait supérieure : les fers obtenus dans les diverses forges de Danemora présentent encore toutefois des nuances bien tranchées, et peuvent, sous ce rapport, se distinguer en deux catégories ; mais ceux de ces fers qui sont classés au deuxième rang restent encore sans rivaux.

Cinq autres gîtes de minerais situés en Suède et en Norwège, et un seul gîte situé dans le nord des monts Ourals, produisent des fers qui, suivant l'ordre des qualités, viennent après les dernières marques de Danemora, et ne peuvent être classés qu'au troisième rang. Certains fers, produits dans les provinces de Wermland et d'Elfsborg avec les minerais de Persberg, se distinguent parmi ces derniers par leur extrême pureté et l'emportent encore de beaucoup sur les meilleurs fers produits dans les autres groupes métallurgiques de l'Europe et de l'Amérique.

Cinq gîtes en Suède, un gîte dans le sud des monts Ourals, deux gîtes dans le Lancashire et en Yorkshire, produisent des fers à acier de quatrième rang.

Enfin plusieurs autres gîtes en Suède produisent des fers à acier de cinquième rang qui présentent encore des qualités utiles dans une fabrication étendue et variée : c'est à cette catégorie que paraissent appartenir un gîte dans les Pyrénées françaises; deux ou trois gîtes dans l'Amérique du Nord.

Les forges suédoises qui produisent les fers à acier, n'ont cessé de se developper depuis le com-

mencement de ce siècle, elles sont en mesure de tenir pendant longtemps la production des fers de tout rang au niveau des besoins des aciéries de cémentation. Pour cette spécialité, comme pour toutes les autres sortes de fer, obligées de placer dans les pays étrangers la totalité de leur production, les forges suédoises ont réussi presque complétement à substituer dans les pays étrangers leurs propres fers, aux fers russes; ceux-ci qui dominaient sur tous les marchés, à la fin du siècle dernier, trouvent maintenant leur débouché en Russie. Il paraît même que depuis l'année 1843, les importations de fers en Russie ont notablement excédé les exportations.

En ce qui concerne spécialement les fers à acier, les forges du nord de l'Europe paraissent produire maintenant 332.600 q. m. répartis ainsi qu'il suit entre les pays producteurs et consommateurs :

	SUÈDE et NORWÉGE.	RUSSIE.
Fers directement exportés pour la consommation des aciéries étrangères.	q. m. 197.900	q. m. 14.300
Fers convertis dans le pays producteur en acier destiné à l'exportation.	78.600	»
Fers convertis dans le pays producteur en acier destiné à la consommation locale. .	7.500	34.300
Totaux.	284.000	48.600

La Suède ne reçoit point d'acier des pays étrangers; loin de là, son exportation propre d'acier a presque quadruplé depuis 5 ans, et atteindra vraisemblablement en 1845 le chiffre de 72.000 q.m.

Les importations d'aciers bruts et ouvrés, faites

en Russie par les États allemands et par la Grande-Bretagne, vont sans cesse en croissant : pour 1842, j'avais estimé cette importation à 14.500 q.m., elle a probablement augmenté depuis cette époque. On peut donc dire que dès à présent, il y a balance pour la Russie entre les importations et les exportations de matière aciéreuse, et que vraisemblablement cet empire ne pourra guère à l'avenir contribuer à l'approvisionnement des contrées dépourvues de cette matière.

La production des deux groupes de forges à acier naturel des Alpes et du Rhin a depuis longtemps atteint les limites fixées par les ressources forestières des districts adjacents. On voit donc, sauf toute réserve, à raison des découvertes imprévues qui pourront être faites, que c'est la Suède seulement qui peut à l'avenir donner le moyen d'accroître la production des aciers de bonne qualité.

Belle mission réservée aux métallurgistes suédois.

L'acier remplit un rôle fort important dans l'économie sociale des États; cette importance doit s'accroître considérablement à l'avenir, à mesure qu'on sentira plus vivement la nécessité d'épargner, au moyen de bons outils et par le concours des machines, le travail direct de l'homme. Toutes les nations industrielles et commerçantes sont par conséquent intéressées à compter sur un approvisionnement régulier de bonne matière aciéreuse. Il y a donc lieu d'applaudir à ce concours de conditions naturelles qui a placé la source principale d'un agent si précieux dans une contrée qui ne peut songer à s'en assurer la possession exclusive, et que sa position même, ainsi que la modération de son gouvernement et de ses habitants placent naturellement en dehors

des luttes qui peuvent encore agiter le monde.

Depuis deux siècles, les métallurgistes suédois ont exploité avec une rare habileté la qualité aciéreuse de leurs minerais. C'est à leurs efforts qu'est due cette branche nouvelle de la métallurgie du fer qui, en concentrant, sous le moindre poids possible, la propriété aciéreuse, a soustrait toutes les nations industrielles à la dépendance exclusive des deux seules localités qui alimentaient jusqu'alors le commerce du monde (1). Constamment préoccupés de maintenir la qualité de leurs fers, les métallurgistes suédois ont sagement résisté à l'entraînement, qui ailleurs a trop souvent fait dépendre, de l'économie du combustible, le progrès de l'art des forges; ils ont su toujours concilier dans une juste mesure les tentatives de progrès avec le respect de la tradition. Comprenant que le succès des aciéries de cémentation repose essentiellement sur la confiance que le fabricant accorde à la matière première, ils ont fait tous les sacrifices individuels et collectifs qu'exigeait le maintien scrupuleux des qualités représentées par les marques de fabrique. De là, par exemple, l'établissement de ces *Jern-Vâgen*, institution modèle pour tous les peuples commerçants, qui par un contrôle sévère de la qualité de produit, garantit, contre les écarts de l'intérêt privé, l'industrie entière du pays. C'est donc à l'intelligence et à la probité commerciale des maîtres de forges suédois, non moins qu'au génie des fabricants du Yorkshire, qu'est dû l'essor de cet art nouveau, qui, mettant dorénavant l'industrie de l'acier à portée de tous les peuples, est venu servir une

(1) Voir la note préliminaire, page 113.

des tendances les plus prononcées des sociétés modernes; qui, par une large production d'aciers plus parfaits et surtout plus durs que les aciers naturels, a doté notre civilisation de moyens d'action proportionnés à l'énergie des efforts qu'elle exerce sur la matière, à la grandeur de résultats qu'elle veut atteindre. Les faits exposés dans ce paragraphe prouvent que les métallurgistes suédois ont su se placer, en ce qui les concerne, à la hauteur de cette belle mission; tout semble indiquer qu'ils sauront s'y maintenir.

(**La suite à la prochaine livraison.**)

MÉMOIRE

Sur la fabrication et le commerce des fers à acier dans le nord de l'Europe, et sur les questions soulevées depuis un siècle et demi par l'emploi de ces fers dans les aciéries françaises. (Suite et fin.)

Par M. F. LE PLAY, Ingénieur en chef des mines,
Professeur de Métallurgie à l'École Royale des Mines.

§ II. Aperçu historique sur les aciéries françaises, et en particulier sur les aciéries de cémentation.

La France qui, depuis le règne de Louis XIV, s'est constamment préoccupée de lutter contre la prépondérance commerciale et politique de la Grande-Bretagne, n'a pas attendu, comme on l'a inexactement annoncé, jusqu'à l'année 1817, pour entreprendre la fabrication des aciers de cémentation. Dès la fin du XVII[e] siècle, on apprécia très-nettement en France l'importance de l'art nouveau qui venait de se développer en Angleterre (1). Tout d'abord on comprit que l'intérêt national commandait de fabriquer les aciers cémentés avec des matières premières fournies par le sol du royaume : et cette condition fondamentale fut imposée aux nombreux ouvriers que l'on fit venir dans ce but d'Angleterre et même d'Allemagne et d'Italie, où l'art de la cémentation paraissait alors prendre un développement qui ne

(1) Mémoire sur la fabrication de l'acier en Yorkshire, *Annales des mines*, 4e série, t. III, page 628.

s'est point soutenu. Le gouvernement français contribua, autant qu'il dépendait de lui, à l'essor de la nouvelle industrie, en accordant des faveurs et des secours d'argent. Bien que l'ancienne monarchie ait toujours eu pour règle de maintenir les fers et les aciers à bas prix sur le marché intérieur, au moyen de tarifs peu élevés, pour l'entrée, et assez élevés, au contraire, pour la sortie, on crut devoir, à la suite de quelques succès de l'industrie naissante, donner une prime aux aciéries indigènes. Dès l'année 1687, c'est-à-dire trois ans avant que l'Angleterre augmentât le droit imposé à l'importation des aciers allemands, le droit de 2f,41 par 100 kilogr. (1) établi par le tarif de 1664 fut porté à 12f,41. Plusieurs fabriques établies dans cette première période, livrèrent quelques produits au commerce; deux de ces fabriques, situées dans la partie occidentale des Pyrénées, produisirent même des qualités qui furent jugées d'abord peu inférieures aux aciers naturels d'Allemagne; mais, en résumé, tous ces efforts restèrent infructueux, et dans cette première période de l'histoire de nos aciéries, il fut impossible de fonder aucune fabrication régulière sur l'emploi des fers indigènes. En 1701, le tarif fut réduit à 6f,21, et en 1704 il fut ramené aux taux de 1664. Les mécomptes que causèrent ces tentatives, tant aux particuliers qu'au gouvernement, furent si graves et si nombreux, que Réaumur crut pouvoir, vers 1722, résumer dans les termes suivants, l'état de l'opinion publique :

(1) Les conversions des unités anciennes en unités métriques ont été faites en admettant que le droit de 1 livre tournois par cent livres poids de marc, est équivalent à celui de 2f,0684 par 100 kilogr.

« .... Le royaume qui a des aciers communs à re-
» vendre manque de ceux-ci (les aciers fins) : il lui
» coûte tous les ans des sommes considérables pour
» se fournir d'aciers fins, aussi n'est-il rien que l'on
» ait tenté plus de fois que d'établir des manu-
» factures pour convertir nos fers en acier ; c'est
» un art qui est conservé mistérieusement dans
» les païs où on le pratique.

» La cour a cependant été accablée, et surtout de-
» puis trois ou quatre ans, de François et d'étrangers
» de tous païs qui, dans l'espérance de faire for-
» tune, se sont présentés comme ayant le véritable
» secret de convertir le fer en acier. Mais comme
» on n'a vu aucuns fruits de leur travaux, et des
» grâces qui ont été accordées à plusieurs, on a
» presque regardé comme des chercheurs de pierre
» philosophale ceux qui promettoient de changer
» les fers du royaume en aciers excellents. ...... »

Cette disposition des esprits, résultat naturel et logique de l'expérience acquise, eût vraisemblablement conduit l'industrie française à la solution la plus sûre, ce qui consistait simplement à asseoir notre fabrication d'acier sur les mêmes bases qui donnaient alors à celle de l'Angleterre un si grand essor. Le succès était d'autant plus assuré dans cette voie que, pendant toute la durée du XVIIIe siècle, les fers du Nord furent admis en France moyennant un droit extrêmement modique (1) ;

(1) Le tarif de 1664, qui a été le point de départ de la législation douanière du XVIIIe siècle, avait établi, sur les fers importés en France, un droit de 0^{f},62 par 100 kilogr. ; en 1791, le droit n'était que de 4^{f},08 par 100 kilogr., y compris le droit de marque montant à 2^{f},04, et qui fut supprimé l'année suivante ; en 1797, le droit était réduit à 0^{f},51.

tandis que les mêmes fers furent presque constamment soumis en Angleterre à un droit d'entrée fort élevé. La haute importance qui s'attachait à l'emploi des fers indigènes, dans la fabrication des aciers, préoccupait les esprits, en Angleterre, aussi vivement qu'en France, et c'est en partie sous cette influence que des droits considérables y furent maintenus jusqu'à l'année 1825. Le tarif français assurait donc une grande supériorité aux aciéries qui se seraient établies en France, en vue d'élaborer les meilleurs fers suédois : et il y a lieu de présumer que si, dès le milieu du XVIIe siècle (1), nos fabricants eussent été éclairés sur la haute valeur des fers de Danemora, considérés comme matière première des aciéries de cémentation, ils eussent pris immédiatement, dans cette branche d'industrie, la prépondérance qu'une regrettable préoccupation abandonnait sans lutte aux fabricants anglais.

2e période des aciéries de cémentation : 1722-1793.

Travaux de Réaumur.

C'est dans ces circonstances que Réaumur entreprit en 1715 les célèbres recherches dont les résultats, successivement publiés de 1720 à 1722 exercèrent une si grande influence sur l'opinion, et ouvrirent une deuxième période dans l'histoire de nos aciéries de cémentation. Réaumur admit précisément pour point de départ de ses travaux le fait que repoussait l'expérience déjà acquise, et sur lequel, après un nouveau laps de 130 ans, on vient demander des expériences en se fondant sur

(1) Louis de Geer établit en 1643 la fabrication des fers à acier dans le district de Danemora, dans les mêmes usines et avec les mêmes moyens d'action qui sont encore en usage aujourd'hui.

la nouveauté de la question. Réaumur ne cache pas que sa conviction était arrêtée à l'avance sur ce point que les fers français étaient aussi propres que les fers suédois à être convertis en acier : et à ce sujet il s'exprime ainsi, au début de son ouvrage :

« La possibilité de la conversion du fer en acier » n'avoit pas besoin d'être prouvée, elle étoit dé» montrée de reste par le succès avec lequel on » y travaille en Angleterre, en Allemagne, en » Italie, etc. Toute la question étoit donc de sa» voir si, avec le secret pratiqué dans les païs » étrangers, nous pourrions, de nos fers, faire des » aciers qui égalassent ceux qu'ils font des leurs ; » ou après tout, notre pis-aller devoit être de tra» vailler en France à convertir en acier des fers » étrangers, comme on y travaille en Angleterre » où on fait d'excellents aciers avec du fer de » Suède, qui, à Paris, ne nous coûte en certains » temps, guère plus que les fers du royaume ; et » qui dans nos ports, est quelquefois à aussi bon » marché que celui qui vient de nos mines. Mais » l'examen que j'avois fait des fers du royaume, et » que j'avois eu occasion de faire à fond, lorsque » j'ay décrit nos différents fourneaux et forges à » fer, et tous les arts qui mettent en œuvre ce mé» tal, cet examen, dis-je, m'avoit fait connoître » que nous avions des fers de tant de qualités dif» férentes, qu'il me paraissoit hors de doute que » nous en avions de propres à devenir d'excellent » acier, de quelque nature que l'acier le deman» dât........ Je supposai donc, et je crus pouvoir » supposer le fer propre à être converti en acier » tout trouvé, qu'il ne s'agissoit plus que d'avoir » les procédés convenables pour le convertir, sauf

» ensuite à les éprouver sur toutes nos espèces de » fers. »

Réaumur commença ses expériences sous l'empire d'une autre préoccupation, celle des idées théoriques qui régnaient à cette époque; admettant que l'acier se distingue du fer en ce qu'il est plus *pénétré de parties sulfureuses et salines*, il se trouva conduit à insister dans ses expériences sur l'emploi des céments complexes. Méconnaissant la loi fondamentale de la cémentation, l'influence exclusive des corps combustibles carbonisés, il alla même jusqu'à déduire de ses expériences que le charbon de bois employé seul comme cément, opérait plus lentement que les céments salins complexes, et donnait des aciers de qualité inférieure.

En résumé l'ouvrage que Réaumur publia en 1722 (1) vint complétement égarer l'opinion des savants et des industriels sur les deux bases essentielles de l'art qu'il prétendait enseigner. En premier lieu, sur le choix du cément, Réaumur fut conduit à recommander certaines recettes admettant nécessairement une forte proportion de matières salines : il indiqua que cette recette devait varier avec la nature du fer à cémenter, et que d'autres mélanges, non expérimentés par lui pouvaient vraisemblablement conduire au même résultat. En second lieu, sur le choix des fers à acier, il énonça comme conclusion définitive que la plupart des provinces du royaume fournissent en abondance des fers éminemment propres à être convertis en acier; que de tels fers existent no-

(1) L'art de convertir le fer forgé en acier, par M. de Réaumur. — Paris, 1722.

tamment dans le Hainaut, le Nivernais, le Berri, la Bourgogne, le Dauphiné, le Béarn, l'Angoumois, le Périgord et la Bretagne.

Ces assertions se présentaient avec l'autorité que donne une haute célébrité scientifique : elles s'appuyaient sur une longue suite d'expériences entreprises par dévouement pour la chose publique, avec l'appui spécial et aux frais du gouvernement; elles flattaient l'amour-propre national et offraient même une brillante perspective aux intérêts particuliers dans toutes les provinces du royaume. A tous ces titres elles furent adoptées sans contestation. L'ouvrage de Réaumur, qui valut à son auteur une pension de douze mille livres, fut dès lors suivi comme un guide infaillible par toutes les personnes qui entreprirent depuis de fabriquer en France l'acier de cémentation. L'autorité que le livre de Réaumur a conservée jusqu'à ce jour, rapprochée des mécomptes auxquels il a constamment donné lieu, est sans contredit un des incidents les plus singuliers que présente l'histoire de la métallurgie francaise (1). Ce fait serait resté inexplicable pour moi si un grand nombre de documents officiels ne m'avaient permis de suivre les diverses phases de développement et de décadence

(1) L'influence exercée sur l'opinion par les travaux de Réaumur a subsisté jusqu'à ce jour pour les personnes qui n'ont point eu occasion de se livrer à l'étude ou à la pratique des ateliers. Dans des rapports et dans des traités spéciaux récemment publiés, on a été jusqu'à affirmer que la supériorité des aciéries anglaises, et l'infériorité des aciéries françaises tenaient à ce que les Anglais s'étaient appliqués à mettre en pratique les préceptes de Réaumur, tandis que les Français les avaient laissés tomber en oubli.

des nombreuses aciéries qui se sont établies en France pendant le dernier siècle, et si je ne voyais aujourd'hui les adversaires de la réforme du tarif, regardant le passé comme non avenu, replacer précisément la question dans les termes où elle était posée au commencement du siècle dernier.

La seconde période de l'histoire de nos aciéries, de 1722 à 1793, ne fut en quelque sorte qu'un démenti continuel donné aux expériences officielles par la pratique des ateliers. Les désastres qui se multiplièrent dans la voie fausse où Réaumur avait engagé de nouveau l'industrie française ne servirent même pas à rectifier l'opinion qu'un appareil expérimental imposant avait vivement fixée. Les savants les plus distingués, les écrivains les plus éloquents n'en persistèrent pas moins à maintenir le principe de la haute propension aciéreuse des fers indigènes. Le gouvernement favorisant en cela l'impulsion qu'il recevait lui-même de l'opinion, ne cessa d'imposer l'emploi exclusif de ces fers, comme condition de tous les encouragements accordés aux entreprises naissantes.

Les entreprises qui furent créées immédiatement par suite des publications de Réaumur, ne répondirent pas à l'attente générale; et cet auteur se vit bientôt obligé de représenter à l'impatience publique que le temps était un élément de succès auquel l'efficacité des préceptes ne pouvait complétement suppléer. Pressé par l'opinion, il dut enfin intervenir pour justifier les espérances que ses travaux avaient fait naître : une compagnie fut établie avec des lettres patentes, sous sa haute direction, avec le nom de *manufacture royale d'Orléans, pour convertir le fer en acier et pour faire des ouvrages de*

fer et d'acier fondus. Cette compagnie exploitait en même temps plusieurs secrets relatifs aux mêmes fabrications et qui lui avaient été fournis par Réaumur. La principale usine fut construite à Cosne. La compagnie avait son bureau à Orléans et son magasin général à Paris, rue Saint-Thomas-du-Louvre. Après de longs essais cette compagnie espéra enfin avoir atteint le but qu'elle se proposait, car on lit dans une publication du temps les passages suivants qui prouvent que l'exagération des prospectus ne date pas seulement de l'époque actuelle :

« *Nouvel acier de France.* — L'excellent ouvrage que M. de Réaumur, de l'Académie royale » des sciences, a donné au public depuis peu d'an- » nées, a fourni à la France un nouvel objet de » commerce, et cet habile académicien a étudié » et découvert si exactement et si à fond la nature » de l'acier, et la manière la plus parfaite de le » fabriquer, que les François ne doivent plus re- » gretter aucun acier étranger, et sont en état de » mettre le leur en parallèle avec ceux qui jus- » qu'ici ont été le plus estimés..... On se conten- » tera donc de donner avis au public qu'il s'est » établi en France une compagnie pour travailler » d'après les principes de l'auteur à la manufacture » des fers et des aciers; que cette compagnie éta- » blie avec des lettres patentes fait travailler à ces » ouvrages à Cosne.... Cette compagnie, après avoir » longtemps travaillé à perfectionner ses ouvrages, » et à en avoir une assez grande quantité pour en » fournir le public, a ouvert un magasin à Paris » pour en faire le débit.....

» On vend aussi dans le même magasin de l'a- » cier en gros et en détail, qui ne le cède en qualité » à aucun des meilleurs aciers connus : on le donne

» à 10 sols la livre : il est marqué de la marque de » ladite manufacture. On garantit de n'en livrer » que d'excellent; et s'il y en avoit qui ne parût pas » tel à ceux qui l'ont acheté, on s'engage à rendre » l'argent de celui qu'on rapportera, si mieux on » n'aime en reprendre d'autre, poids pour poids.

Le public cependant ne ratifia pas le jugement que portait la compagnie sur la valeur de ses produits; le système commercial qu'elle avait imaginé pour attirer la confiance des acheteurs ne produisit pas les résultats qu'elle en attendait. Après avoir épuisé son capital, la compagnie dut se dissoudre, et l'aciérie de Cosne fut abandonnée en même temps que des fabriques d'armes qui y avaient été annexées. Quinze ans après la publication de l'ouvrage de Réaumur, les aciéries de Cosne étaient détruites, et la France continuait de demander à l'Angleterre l'acier de cémentation qu'elle consommait. Deux fabriques seulement, situées près de la frontière de Suisse, et qui élaboraient les fers de Franche-Comté, livraient au commerce quelques aciers qui furent d'abord assez appréciés; encore, peu de temps après, cessèrent-elles également leurs travaux.

Travaux de G. Jars.

Ces mécomptes rapprochés des brillants succès qu'obtint l'Angleterre lorsque la mémorable découverte de B. Huntsman (1) eût assuré aux aciéries de cémentation une supériorité décidée, ramenèrent momentanément le gouvernement français dans la seule voie qui pouvait conduire à la solution que l'on cherchait inutilement depuis si long-

(1) Mémoire sur la fabrication de l'acier en Yorkshire, *Annales des Mines*, 4e série, tome III, page 638.

temps. On pensa avec raison que le parti le plus simple était d'aller étudier dans les aciéries anglaises elles-mêmes, les causes de la haute réputation de leurs produits. Cette mission fut confiée en 1765 à Gabriel Jars, celui de nos savants qui a le plus contribué à propager en France les connaissances métallurgiques, et qui par ses voyages en Saxe, en Bohême, en Hongrie, en Tyrol, etc., avait déjà acquis une connaissance approfondie des usines où se produisent les métaux. Jars observa très-bien les deux lois fondamentales qu'avait méconnues Réaumur. Peut-être, dans le mémoire rédigé à la suite de ce voyage, n'appuya-t-il pas sur ces deux points essentiels autant qu'il eût convenu de le faire pour détruire les fausses idées qui s'étaient établies en France. Il semble que dans son mémoire, fort détaillé sous d'autres rapports, Jars se soit appliqué à énoncer sous la forme la plus succincte, les principes essentiels de la cémentation, tels que je les ai observés moi-même un siècle plus tard; toutefois son laconisme ne fait que relever la netteté de ses assertions. Jars s'exprime ainsi :

« Le seul et unique fer qu'on ait trouvé propre » pour la conversion en acier est le fer de Suède. » On a fait beaucoup d'expériences sur le fer fa- » briqué en Angleterre, mais on n'a jamais pu » obtenir un acier d'aussi bonne qualité.

» On emploie différents fers de la Suède, les- » quels, suivant leurs différentes qualités, font » varier les prix de l'acier parce qu'ils ont eux- » mêmes différentes valeurs.....

» On emploie uniquement le poussier de char- » bon pour la conversion du fer en acier, et l'on » ne fait usage ni d'huile ni de sel. »

L'année suivante, en 1766, Jars reçut mission de visiter les forges de Suède et de Norwége : et ce fut pour lui l'occasion de constater que la propension aciéreuse, si recherchée par les Anglais dans les fers suédois, existait particulièrement dans les fers extraits des minerais magnétiques de Danemora.

Jars ne crut pas devoir insister sur l'opposition qui existait entre l'expérience des ateliers anglais et les préceptes de Réaumur ; il s'appliqua au contraire à signaler en divers passages de ses mémoires l'autorité dont jouissait l'ouvrage de cet auteur, même auprès des étrangers. L'opinion de Jars semble toutefois percer dans le paragraphe suivant relatif à la situation dans laquelle se trouvait en Suède, en 1766, l'art de la cémentation.

«..... J'observerai à cette occasion (au sujet de la » composition des céments), que les différents en» trepreneurs ont des additions qui ne sont point » égales, à en juger par les conversations que » nous avons eues avec plusieurs personnes ; ils ont » suivi en partie l'ouvrage de M. de Réaumur, qui » leur a été de la plus grande utilité. Ils en con» viennent, mais les uns ont augmenté les addi» tions, les autres les ont changées. Ils auroient » mieux fait, et l'expérience le prouve, de suivre » à cet égard uniquement ce que font les An» glois, c'est-à-dire de n'ajouter que du poussier » de charbon de bois qui donne le phlogistique » le plus fixe. Enfin, quoique depuis longtemps » on fasse de l'acier par la cémentation dans plu» sieurs endroits de la Suède, on n'étoit encore » qu'aux expériences, et les entrepreneurs avouè» rent qu'ils n'étoient pas bien sûrs de leur pro» cédé. »

Les mécomptes entraînés en Suède par la recherche des céments, étaient précisément ceux qui jusque-là avaient eu lieu dans les aciéries françaises. Jars relève donc parfaitement dans ce passage les défauts essentiels de l'ouvrage de Réaumur. En recommandant les céments salins complexes, et en reconnaissant que le cément le plus convenable dans chaque cas, devait varier selon la nature du fer employé, Réaumur avait complétement donné le change à l'industrie. Chaque fabricant qui échouait d'abord en cémentant son fer, par la recette de Réaumur, était naturellement conduit à faire un nombre infini d'expériences pour découvrir une recette plus appropriée à la nature de ce métal. Ces expériences devaient infailliblement épuiser les ressources et la patience des industriels, puisqu'on y faisait varier seulement celui des deux éléments qui devait rester invariable. Si l'ouvrage de Réaumur n'était venu égarer l'opinion, celle-ci eût été promptement fixée sur un fait que tout le monde pouvait observer, dès 1722, comme Jars le fit plus tard, en 1765, et comme je l'ai fait moi-même en 1842. Sachant que le cément de charbon de bois était la donnée constante de la cémentation, chaque fabricant eût nécessairement regardé la sorte de fer soumise à l'aciération comme la donnée variable de ses essais, et, dans cette voie, l'expérience eût sûrement conduit à un classement rationnel des fers à acier.

Graves inconvénients des erreurs de Réaumur.

Au retour de ces voyages, Jars fut chargé par le gouvernement de propager en France les méthodes de travail pratiquées en Angleterre; mais ici encore se reproduisit la constante préoccupation relative aux fers indigènes. L'assertion si positive que cet habile observateur avait émise touchant la supério-

rité des fers suédois fut peu goûtée; ses écrits montrent qu'il ne crut pas devoir heurter une opinion qui était fortement enracinée en France chez les savants et les hommes d'État. Dans l'usine expérimentale élevée sous sa direction spéciale, dans le faubourg Saint-Antoine, à Paris, il ne fut aucunement question des fers de Danemora, et l'on se borna à employer les fers indigènes. Jars a gardé un silence complet dans ses écrits, sur les résultats obtenus dans cette usine; du moins son frère se borna à publier, sans aucun commentaire, le dessin du fourneau de cémentation qui y fut construit; mais des documents conservés dans les archives de l'administration des mines rappellent que ces essais eurent le même résultat que ceux de Réaumur et que 200.000 livres y furent dépensées en pure perte.

Jars ne put même réussir complétement à détruire l'opinion propagée par Réaumur, sur l'utilité des céments salins complexes, et sur l'insuffisance du charbon de bois employé seul : toutefois les indications de ce savant métallurgiste portèrent leurs fruits, et l'on peut constater qu'à dater de cette époque, les aciéries de cémentation qui s'élevèrent en France luttèrent plus efficacement contre les obstacles que leur suscitait la donnée relative aux fers indigènes.

Aciéries en Angoumois, en Franche-Comté, en Berri, en Bourgogne.

A l'époque même où Jars ne pouvait faire prévaloir en France l'idée ou plutôt le fait de la supériorité des fers suédois, le comte de Broglie obtenait de la cour de grands encouragements, pour fonder dans l'Angoumois une fabrique d'acier de cémentation, dont le but spécial était d'élaborer les fers de la province, que Réaumur avait distingués dans ses expériences. Cet établissement, fondé à Ruf-

fec, pourvu de grands priviléges et d'une dotation annuelle de 15.000 livres, lutta pendant 15 ans contre les obstacles qui résultaient de son principe même : vers 1782, le gouvernement se lassa d'accorder des encouragements qui restaient sans résultat, et aussitôt l'aciérie de Ruffec dut subir le sort de toutes celles qui l'avaient précédée.

D'autres établissements furent créés vers la même époque, en vue de convertir en acier les fers indigènes : parmi ceux qui eurent le plus de célébrité, on peut citer : l'aciérie créée par M. Mongenet, en Franche-Comté, à l'aide d'ouvriers étrangers, dans le but spécial d'élaborer les fers de la province ; l'établissement fondé dans le Berri, par M. le duc de Charrost, pour élaborer les fers produits par ses forges ; le fourneau de cémentation que Buffon construisit dans les forges qui ont conservé son nom, et dans lequel ce savant illustre fit de nombreuses expériences pour démontrer la possibilité de convertir en bon acier les fers extraits des minerais de Bourgogne.

Aciérie de Nérouville ; travaux de Buffon et de Grignon.

Mais les faits les plus importants de cette période de l'histoire de nos aciéries, et qui caractérisent le mieux la persistance de l'opinion propagée par Réaumur, sont ceux qui se rattachent à l'importante aciérie de Nérouville. Cette usine fut créée vers 1770, trois ans après le retour de Jars, et il est visible que les fondateurs s'appliquèrent à réaliser les conditions anglaises de fabrication telles que les avait décrites ce célèbre métallurgiste : l'usine, placée sur le canal du Loing, qui y amenait les matériaux réfractaires ainsi que les houilles du Forez et de l'Auvergne, employa d'abord exclusivement des fers de Suède. Le succès ne se fit pas

attendre : en 1778, Nérouville était le seul établissement qui livrât en grand les aciers fins à la consommation du royaume; les fourneaux de cémentation y avaient été portés à des dimensions qui témoignent de l'activité et de la régularité de la fabrication, et qui n'ont pas été dépassées depuis, même en Angleterre. L'un de ces fourneaux recevait à la fois jusqu'à 40.000 kilogr. de fer forgé.

Cette prospérité, fondée sur l'emploi du fer étranger émut vivement l'opinion publique : Grignon, l'homme de l'époque à qui ses écrits et sa position donnaient le plus d'autorité en semblable matière, crut devoir combattre, dans plusieurs mémoires, la direction où s'engageait l'industrie française; soutenu par les idées que Buffon avait émises, il reçut du gouvernement, en 1779, la mission de soumettre à des expériences comparatives les fers forgés de France, de Suède, de Sibérie et d'Espagne. On choisit pour lieu des expériences les aciéries de Buffon et de Nérouville, et on y rassembla des fers préparés dans les principaux groupes de forges du royaume. Ici encore l'expérience officielle vint condamner la pratique industrielle; et, ce qui est digne de remarque, c'est que l'industrie, doutant du succès même qu'elle avait obtenu, accepta docilement l'arrêt qui fut porté par Grignon : dès ce moment, l'aciérie de Nérouville commença à déchoir et s'éteignit vers 1792. En 1793, l'un des martinets de Nérouville, qui n'avait pas encore été démoli, fut remis en activité dès le début de l'époque remarquable que la révolution française ouvrit dans l'histoire de nos aciéries.

Les tendances et les résultats des expériences de Grignon se trouvent suffisamment caractérisés par préambule et la conclusion du mémoire que ce

métallurgiste publia en 1782 : je crois utile d'en présenter un extrait. Comme Réaumur l'avait fait 60 ans plus tôt, l'auteur déclare encore ici formellement que son opinion était arrêtée à l'avance sur la haute qualité aciéreuse des fers indigènes.

« Ayant présenté à l'administration plusieurs » mémoires, dans lesquels j'avois démontré la » nécessité de tenter les moyens d'élever en France » des manufactures d'acier fin, pour enlever aux » étrangers une branche de commerce d'importa- » tion qui est onéreuse à la nation; que Nérou- » ville étoit la seule manufacture en grand d'acier » fin par cémentation, et qu'elle n'employoit » que des fers de Suède ; et enfin ayant assuré, d'a- » près les essais que j'avois faits, qu'il étoit possible » de convertir nos fers françois en bon acier fin.

» Le gouvernement, attentif à procurer aux » arts et aux manufactures nationales, des objets » d'émulation et les moyens de faire fleurir le » commerce, m'autorisa en novembre 1779 à » faire les expériences nécessaires pour constater » la propriété relative que les meilleures espèces » de fers françois ont pour être converties en » acier fin, par la voie de la cémentation..... » Dès lors, je me disposai à préparer tous les ob- » jets nécessaires. J'écrivis dans les différentes » provinces du royaume, pour faire rendre à Buf- » fon les fers de meilleures qualités qui m'étoient » connus. J'en tirai des Pyrénées, des Alpes » (Dauphiné), des Vosges (Alsace), de Franche- » Comté, Lorraine, Champagne et Berry.....

. . . .

» Il résulte donc des expériences que nous avons » fait faire par ordre du gouvernement, qu'il est » très-possible de faire de très-bons aciers fins

» avec les fers des diverses provinces du royaume;
» qu'il suffit de choisir parmi ceux qui ont le
» plus de propriété à devenir acier, les fers les
» mieux fabriqués, et de les traiter suivant leur
» caractère particulier. Il seroit à désirer qu'il s'é-
» levât plusieurs manufactures en ce genre dans le
» royaume, particulièrement dans le Roussillon,
» l'Alsace, la Franche-Comté, le Limousin et la
» Champagne, afin de fournir aux arts les aciers
» dont ils font une très-grosse consommation, la-
» quelle forme une branche immense de com-
» merce d'importation qui enrichit nos voisins. »

Causes principales des erreurs commises depuis un siècle, dans les expériences officielles.

Le détail des expériences faites par Grignon explique très-clairement comment il a été conduit à ces conclusions. De telles expériences ne permettent guère d'apprécier la qualité fondamentale, la propension aciéreuse ou le *corps*, des fers à acier. Elles mettent au contraire très-aisément en relief les défauts qui tiennent au manque de pureté et qui se peuvent corriger en grande partie, pour chaque sorte de fer, par un travail plus soigné et une plus grande dépense de combustible. C'est sur cette qualité secondaire qu'avaient surtout porté les expériences faites par Buffon pour la préparation des fers à acier (1). Les fers choisis par Grignon, et expérimentés avec le con-

(1) Buffon a résumé la conviction à laquelle ses expériences l'avaient conduit sur ce point, en écrivant :

« Comme je l'ai souvent dit, il ne tient qu'à nous d'a-
» voir d'aussi bon fer que celui de Suède, dès qu'on ne
» sera pas forcé, comme on l'est aujourd'hui, de trop
» épargner le bois... »

Appliquée à la pureté aciéreuse des fers, cette conclusion était parfaitement exacte; elle est entièrement conforme aux résultats de l'expérience séculaire des Suédois.

cours et dans les forges de l'illustre naturaliste, se trouvaient donc, sous ce rapport, dans les conditions les plus favorables.

Les fers étrangers soumis aux mêmes expériences se trouvaient dans les conditions précisément inverses. La supériorité des fers de Danemora, si nettement proclamée par Jars, était parfaitement connue de Grignon, qui rappelle même incidemment ce fait dans son mémoire, et cependant cet auteur ne paraît même pas soupçonner qu'il y eût convenance à expérimenter sur ces fers d'élite. Le but évident de Grignon était de faire ressortir, au moyen de ses expériences, la haute qualité des fers indigènes : les fers de Suède et de Sibérie n'y furent représentés chacun que par un seul échantillon, pris au hasard dans le commerce; Grignon déclare expressément que l'origine de ces fers lui était inconnue; mais, de l'indication des marques rappelées par Grignon, il résulte que ces deux sortes n'étaient que des qualités ordinaires qui n'ont jamais été classées en Angleterre parmi les fers à acier.

C'est précisément sur des termes de comparaison aussi peu concluants qu'ont été faites toutes les expériences officielles ; jamais celles-ci n'ont eu réellement pour but d'apprécier la valeur relative des fers suédois et indigènes ; leur but évident était de confirmer une opinion énoncée à l'avance. Je citerai un exemple remarquable de cette singulière préoccupation, en retraçant plus loin l'histoire de la troisième période des aciéries de cémentation. On a toujours pris comme échantillons des fers à acier du Nord, les sortes inférieures, importées expressément pour d'autres usages, sur le littoral du royaume. Pendant le dernier siècle, les

marques de fers à acier ont été rarement importées en France. Bien que depuis 1814 le tarif français ait considérablement restreint le commerce des fers communs du Nord ; bien que récemment un commerce régulier de fers à acier ait été établi en France, les fers du Nord importés pour la consommation intérieure, se composent encore, pour les trois quarts au moins, de qualités inférieures, qui, en Angleterre comme en France, sont réputées impropres à la cémentation.

Aujourd'hui même, malgré les faits précis que j'ai publiés en 1843, touchant le classement des fers à acier du Nord, on vient encore chercher des arguments dans la confusion que je signale. L'auteur d'une brochure que je réfuterai plus loin, opposant la pureté des fers à acier français à l'infériorité qu'il attribue aux fers suédois, croit pouvoir affirmer ce qui suit : « Les marques supé» rieures de Suède sont fabriquées avec du fer » oxydulé en roche ; les marques moyennes et infé» rieures sont obtenues avec des hydroxydes de » marais, renfermant souvent du phosphore. »

Cette assertion est complétement erronée : j'ai constaté, dans le voyage que je viens de faire en Suède, qu'il n'entre aucune trace du minerai des marais dans les mélanges employés pour la production des fers à acier ; que ce minerai ne joue même qu'un rôle très-secondaire dans la fabrication des fers communs destinés à la consommation immédiate.

Travaux de Nicolas, professeur lorrain.

Cette époque de l'histoire de nos aciéries présente encore une particularité curieuse et que je crois utile de mentionner, parce qu'elle caractérise parfaitement la vivacité des prétentions fon-

dées en France sur la propension aciéreuse des fers indigènes. Certaines provinces trouvèrent que les expériences de Réaumur et de Grignon n'avaient pas rendu justice à la qualité de leurs fers : la Lorraine entre autres crut devoir protester contre les travaux de Grignon, parce que ce savant, après avoir fait l'épreuve de certains fers lorrains, n'avait pas signalé cette province au nombre de celles où il lui paraissait désirable de créer des manufactures d'acier. Ce fut M. Nicolas, docteur en médecine, professeur royal de chimie de l'université de Nancy, qui fut chargé de rétablir, à l'aide d'expériences, la réputation des fers lorrains. L'extrait suivant de son ouvrage, publié en 1783, par ordre du gouvernement, me paraît très-curieux à transcrire, parce que l'auteur, en rappelant les protestations que faisait le bon sens public contre la stérilité des expériences officielles, présente une excellente critique des idées qu'il prétendait défendre : il est inutile d'ajouter que les recherches de M. Nicolas démontrèrent la haute propension aciéreuse des fers lorrains.

« Nous sommes obligés d'avouer que les étran-
» gers nous ont devancés dans cette partie de la
» métallurgie. Ils ont en quelque sorte créé un
» corps nouveau, en trouvant le secret de donner
» au fer des propriétés qui le transforment pour
» ainsi dire en un métal particulier. En vain
» M. de Réaumur, en 1722, démontra-t-il la pos-
» sibilité de convertir les fers de France en acier ;
» en vain ce célèbre académicien exposa-t-il de
» la manière la plus claire les moyens par les-
» quels il y étoit parvenu ; toutes ses expériences,
» toutes ses démonstrations furent inutiles ; les
» étrangers continuèrent à jouir exclusivement

» du fruit de leurs découvertes, et nous ne nous
» lassâmes pas de leur porter notre argent, en
» échange d'une matière qu'il nous eût été si fa-
» cile de nous procurer dans notre païs. Tel a
» toujours été l'effet de la prévention. Si, dans la
» transmutation du fer en acier, disoient les uns,
» la dépense excède le bénéfice, à quoi bon nous
» livrer à un travail infructueux? Que M. de
» Réaumur soit parvenu à faire de l'acier, cela
» peut être, disoient les autres; mais ce n'est pas
» avec des fers semblables aux nôtres. Ils sont
» trop aigres et trop impurs pour pouvoir acqué-
» rir les propriétés d'un acier fin. Voilà le pré-
» jugé qu'il étoit d'autant plus essentiel de dé-
» truire, qu'il sembloit fortifié par le silence de
» M. Grignon. En effet, dans le mémoire qu'il
» vient de publier sur la possibilité de convertir
» les fers du royaume en acier fin par la cémen-
» tation, il n'y parle point des fers de la Lor-
» raine, quoiqu'il annonce en avoir tirés.

» A peine les premières recherches sur la con-
» version en acier des fers de quelques provinces
» du royaume furent-elles connues de M. l'inten-
» dant, que, frappé des avantages que cette nou-
» velle découverte pourroit procurer à la pro-
» vince dont l'administration lui est confiée, en y
» créant une nouvelle branche d'industrie, il vou-
» lut bien me faire part de ses vues, et m'enga-
» gea à employer les ressources de l'art pour les
» seconder. Pour me mettre en état d'opérer, il
» me procura non-seulement des fers de toutes les
» forges existantes dans son département, mais
» encore des mines et castines, que j'ai soumises,
» en grande partie, à l'expérience. Le résultat de
» ces expériences a été que non-seulement le fer

» de la Lorraine, dont la fabrication sera soignée,
» pourra se convertir en acier de bonne qualité,
» mais que quelque dépense que cette conver-
» sion exige, nous pourrions avoir cet acier à un
» tiers meilleur marché que celui auquel les
» étrangers nous le vendent..... »

Opinion de Diderot.

Les deux grandes encyclopédies publiées dans la 2e moitié du 17e siècle ne manquèrent pas de reproduire l'opinion dominante. L'article écrit par Diderot, en 1751, est remarquable en ce que le tableau qu'il trace de l'état du commerce de l'acier en France, s'applique encore à beaucoup d'égards à l'époque actuelle. J'en extrais les passages suivants:

« ... Nos meilleurs aciers se tirent d'Allemagne
» et d'Angleterre. Celui d'Angleterre est le plus
» estimé par sa finesse de grain et sa netteté : on
» lui trouve rarement des veines et des pailles...
» .... L'acier de Rive se fait aux environs de
» Lyon et n'est pas mauvais; mais il veut être
» choisi par un connaisseur, et n'est propre qu'à
» de gros tranchants; encore lui préfère-t-on l'é-
» toffe de Pont, et l'on a raison. C'est cependant le
» seul qu'on emploie à Saint-Etienne et à Thiers.
» L'acier de Nevers est très-inférieur à l'acier
» de Rive : il n'est bon pour aucun tranchant; on
» n'en peut faire que des socs de charrue.
» Mais le bon acier est propre à toutes sortes
» d'ouvrages entre les mains d'un ouvrier qui sait
» l'employer. On fait tout ce qu'on veut avec l'a-
» cier d'Angleterre. Il est étonnant qu'en France
» on ne soit pas encore parvenu à faire de bon
» acier, quoique ce royaume soit le plus riche en
» fer et en habiles ouvriers. J'ai bien de la peine
» à croire que ce ne soit pas plutôt défaut d'in-

» telligence dans ceux qui conduisent ces manu-
» factures que défaut dans les matières et mines
» qu'ils ont à travailler.... »

Travaux de Duhamel.

L'article de Duhamel publié en 1786 dans l'Encyclopédie méthodique, produit encore la même opinion appuyée sur les nombreuses expériences auxquelles l'auteur s'était livré pour comparer, aux aciers étrangers, les aciers cémentés provenant de fers forgés indigènes. L'auteur va même jusqu'à affirmer que des fers français qui, eu égard à leur propension aciéreuse, ne viennent qu'au second rang, ont donné des aciers préférables aux meilleurs aciers anglais et allemands. Il me paraît utile de citer textuellement le paragraphe où se trouve cette assertion, afin de montrer jusqu'à quel point les expériences officielles devaient contribuer à égarer l'opinion.

« Ainsi que les Anglois, je me suis aperçu que
» le fer de Suède me donnoit de meilleur acier
» que beaucoup d'autres espèces de fer, mais j'en
» ai essayé qui m'en ont fourni d'aussi bons.
» Parmi ceux de France, les meilleurs que j'ai
» trouvés pour être convertis en acier sont ceux
» qui se fabriquent à la Catalane, dans le pays de
» Foix, en Roussillon et en Languedoc. Ces fers
» sont généralement bons, ainsi que tous ceux des
» Pyrénées, et lorsqu'ils sont fabriquées avec soin,
» je les préférerois à ceux de la Suède pour en
» faire de l'acier, aussi sont-ils liants et nerveux
» sans être mous.

» Les fers du Périgord, du Berry et de l'An-
» goumois, tiennent le second rang; j'en ai ce-
» pendant fait d'excellent acier qui a subi les
» épreuves les plus rigoureuses dans les ports du

» roi, et en présence des commissaires de l'Aca-
» démie royale des sciences, par les plus habiles
» artistes de Paris; qui a été trouvé aussi parfait
» que le meilleur acier d'Angleterre, qui servoit
» de terme de comparaison, et même plus facile
» à employer, et en général supérieur à ceux de
» Styrie et de Carinthie, qui sont les meilleurs
» qui nous viennent d'Allemagne. Mais pour cet
» effet, j'avois soin de choisir le fer sans défaut, et
» si je lui en connaissois en le faisant fabriquer
» aux affineries, je faisois refondre la loupe une
» seconde fois, lorsqu'elle avoit été formée; de
» cette manière, j'étois assuré que les crudités,
» ou les parties étrangères qui étoient restées dans
» la loupe à la première opération, et qui le vi-
» cioient, étoient détruites dans la seconde. J'a-
» vois ainsi d'excellent fer et très-propre à me
» donner de bon acier. L'on imagine bien que
» cette seconde opération rend le fer plus coû-
» teux: 1° en ce qu'il éprouve un nouveau dé-
» chet; 2° en ce qu'il consomme plus de charbon;
» 3° en ce qu'il coûte plus de main-d'œuvre; mais,
» je le répète, sans cette précaution et l'attention
» qu'il faut avoir en outre dans le choix des
» gueuses, on ne parviendra pas à avoir du fer
» susceptible de donner de bon acier de cémen-
» tation, singulièrement lorsque le fer provient
» des minerais, qui, d'eux-mêmes, ne donnent
» que du fer d'une qualité médiocre. »

Je terminerai le résumé de la deuxième période des aciéries indigènes par une esquisse sommaire du progrès et de la décadence de l'aciérie d'Amboise, le plus grand établissement qui jusqu'à ce jour ait eu pour objet de fabriquer en France l'acier de cémentation. Sanche; aciérie d'Amboise.

La fabrique d'Amboise fut établie en 1782, à l'époque où s'éteignait l'aciérie de Ruffec, et où l'aciérie de Nérouville dépérissait dans la fausse direction où l'avaient jetée les expériences de Grignon. Le sieur Sanche qui, depuis vingt-cinq ans, dirigeait avec succès des fabriques de bijouterie, de quincaillerie et de taillanderie à la manière anglaise, et dont les travaux avaient été précédemment récompensés par des priviléges et des gratifications annuelles du gouvernement, parvint, après de nombreuses tentatives, à fabriquer les aciers fondus et les aciers fins qu'il tirait précédemment de l'étranger. C'est spécialement en vue de fabriquer ces aciers fins que le sieur Sanche, secondé par les capitaux du sieur Patry, fonda la fabrique d'Amboise, sur l'emplacement d'une ancienne manufacture de limes.

Les autorités locales ayant pu juger, dans le cours de l'année 1782, des heureux résultats obtenus par le sieur Sanche, appuyèrent vivement, le 9 mai 1783, le mémoire que les sieurs Sanche et Patry adressèrent au gouvernement, afin d'obtenir les priviléges et les capitaux dont ils avaient besoin pour développer leur entreprise. Jusqu'en mai 1783, les sieurs Sanche et Patry n'avaient opéré que sur les fers suédois (1);

« (1) Ils (les sieurs Sanche et Patry) ont même réussi à » faire de l'acier que les Anglois appellent acier fondu, et » qui peut servir à toutes sortes d'ouvrages superfins, tels » que les tats des monnoies et médailles, instruments de » chirurgie, rasoirs et coutellerie en tout genre. On n'y » trouve ny cendrures, ny filandrures, ny grains ferreux. » Celui-ci, plus parfait, ne peut être fabriqué qu'avec » du fer de Suède, et les Anglois ne s'en servent même » pas d'autre. Mais le fer de France converti en cet

mais aussitôt que cette négociation fut engagée, ces fabricants se trouvèrent arrêtés par la question des fers indigènes. Dans le même mois où les sieurs Sanche et Patry avaient présenté leur mémoire et exposé que leur fabrication était essentiellement fondée sur l'emploi des fers de Suède, ils comprirent que cette condition leur interdirait tout espoir de succès : ils durent aussitôt changer de langage (1). Des personnes considérables qui s'intéressaient à leurs travaux, leur objectèrent, en effet, que la protection du gouvernement ne leur serait complétement acquise que le jour où

» acier superfin, ne donnant qu'un acier trop fier et dif-
» ficile à travailler, les sieurs Patry et Sanche, ne peu-
» vent se flater de parvenir à faire usage du fer de la na-
» tion que par une suite de travaux et d'expériences... »

Amboise, 9 mai 1783. — Mémoire adressé à M. l'intendant général des finances.

(1) « J'ai bien de l'empressement à savoir votre façon
» de penser sur nos aciers et limes. Les fonds considéra-
» bles que j'ai versés dans cette entreprise, justifieront mon
» impatience... M. Sanche fait actuellement préparer,
» dans les forges de la nation, des fers propres à la fabri-
» cation de l'acier ; il se flatte de pouvoir absolument se
» passer du fer de l'étranger. »

Paris, 26 mai 1783. — Lettre du sieur Patry à M. l'intendant général des finances.

« Je suis on ne peut plus sensible à l'intérêt que vous
» voulez bien prendre à cette affaire, dont j'avois déjà
» conféré plusieurs fois avec M. le duc de Choiseul, qui
» m'objecta toujours que le gouvernement seroit bien
» plus satisfait si je pouvois faire de bon acier avec du fer
» de France, et m'engagea de redoubler d'activité et de
» soins pour y parvenir ; il ne falloit pas moins que l'inté-
» rêt qu'il parut y prendre pour augmenter mon zèle....
» En conséquence, le 28 et le 29 du mois dernier j'ai pro-
» cédé à des expériences...... Le rapport de ces ouvriers

leur fabrication serait fondée sur l'emploi des fers du royaume. La vraie solution que les sieurs Sanche et Patry avaient trouvée au prix de tant de sacrifices et d'efforts, fut donc considérée comme non avenue. Dès le mois de mai 1783, Sanche dut quitter tout à coup la voie où il travaillait depuis longtemps, d'après les indications qu'il avait puisées dans les écrits de Jars, pour se mettre à la recherche des fers indigènes propres à la fabrication de l'acier. Pendant quatre années, ce courageux fabricant dut lutter contre les difficultés que lui suscitaient le manque de capitaux et l'imperfection des fers indigènes. Pendant cette

---

» est que l'acier marqué *croix de Lorraine*, est supérieur » de beaucoup à celui d'Angleterre....., que le seul défaut » étoit de manquer un peu de netteté, ce qui provient uniquement du peu d'expérience des ouvriers qui ne sont » point habitués à le forger. Je me flate qu'ils ne tarderont pas à acquérir les degrés de perfection désirable. »

Amboise, 5 juin 1783. — Lettre du sieur Sanche à M. l'intendant général des finances.

« Les gerçures seroient un défaut qui prouveroit que » le fer de France ne seroit point propre à être converti » en acier; il est vrai qu'il a naturellement ce défaut, » mais je suis parvenu à lui enlever les parties arsenicales, qui sans doute les occasionnoient. C'est par cette » raison que je me suis empressé de vous faire passer » cette nouvelle épreuve. Dans l'essai que j'en ai fait » faire, on a remarqué qu'il se forgeoit et se soudoit très- » bien, ne donnoit pas de gerçures, prenoit la trempe la » plus dure possible et formoit un grain de la dernière finesse. La seule chose que j'ai cru y apercevoir, c'est en » effet quelques petites cendrures, mais imperceptibles, qui » ne proviennent uniquement que du peu d'attention que » l'on porte dans les forges à la fabrication du fer. Je me » propose bien de rectifier ce défaut important. ... »

Amboise, 21 juin 1783. — Lettre du sieur Sanche à M. l'intendant général des finances.

période difficile, il dut s'appliquer principalement à perfectionner, dans les forges à fer, la fabrication de la matière première qu'on lui imposait, au lieu de se livrer à la question essentielle, la fabrication des aciers bruts et ouvrés. A force d'adresse, de tact et de persévérance, Sanche atteignit enfin son but : en continuant à employer le fer de Suède pour sa fabrication courante, il fonda la réputation commerciale de sa manufacture, et il donna satisfaction aux préoccupations patriotiques de ses protecteurs en faisant constater par des expériences officielles, que les aciers provenant de certains fers du Berri, auxquels des soins tout particuliers avaient donné une grande pureté, égalaient en qualité les meilleurs aciers étrangers. Il s'excusa d'avoir employé jusque-là les fers de Suède, en représentant que les forges du royaume ne pouvaient actuellement fournir de bons fers à acier; qu'il suffisait d'avoir prouvé que les fers indigènes, fabriqués par des méthodes particulières, pouvaient être convertis en bon acier; que la fabrique d'Amboise, lorsqu'elle serait enfin constituée et pourvue de capitaux suffisants, pourrait elle-même préparer ses fers à acier dans des forges qu'elle exploiterait à cet effet.

Enfin, à la suite de rapports favorables présentés, vers la fin de l'année 1786, par Sage, Vandermonde, Monge, Berthollet et le baron de Dietrich, le gouvernement accorda les priviléges qui lui étaient demandés. La fabrique d'Amboise prit le nom de *manufacture royale d'acier fin et fondu*: un patronage puissant, d'abondants capitaux lui furent assurés; en moins d'un an, la manufacture pourvue de douze grands fours de cémentation, de quarante martinets et de quatre-vingts forges à

ouvrer l'acier, devint le plus grand établissement de l'Europe. Un document imprimé le 17 juillet 1787, au moment où la compagnie achevait les constructions de la manufacture d'Amboise, signale l'importance de l'établissement et la direction qui fut dès lors imposée à l'habile praticien qui l'avait fondé : je crois utile d'en rappeler quelques passages.

..... « L'administration voulant encore s'assurer » des procédés du sieur Sanche, a nommé pour » commissaire M. le baron de Dietrick, membre de l'Académie, qui s'est transporté à Amboise et a suivi la conversion des fers en acier » depuis son principe jusqu'à la fin. L'acier a été » fondu en sa présence; et l'emploi fait au Luxembourg, par les artistes les plus fameux, et sous » les yeux d'un public instruit, a prouvé que l'acier d'Amboise égale en qualité celui des manufactures les plus renommées de l'Europe. » C'est d'après son rapport que le gouvernement » a favorisé cette noble entreprise.

» Des citoyens zélés se sont alors réunis pour » former, à Amboise, un établissement de fabrication d'acier qui, par son étendue et sa perfection, peut être regardé comme un établissement » national. S. A. S. monseigneur le duc de Penthièvre, seigneur propriétaire d'Amboise, l'a » honoré de sa protection. M. l'archevêque de » Tours, M. l'intendant et les chefs de la province » s'intéressent à ses succès.

» On s'est occupé de l'établissement en grand; » six fourneaux.... qui contiennent chacun de 32 » à 36 milliers, à chaque cuite, ont été construits » avec tous les ateliers et les magasins nécessaires; » et six autres fourneaux vont être achevés très-

» incessamment. Six cents ouvriers sont déjà oc-
» cupés à ces utiles travaux ; le nombre s'en ac-
» croît tous les jours en proportion des besoins.

» La compagnie ..... a reconnu que le premier
» avantage que la France pourroit retirer de cet
» établissement seroit d'y employer ses fers ; mais
» ceux qui se fabriquent actuellement n'ayant pas,
» pour la plupart, les qualités requises, la com-
» pagnie est au moment de prendre à ferme des
» forges où elle épurera elle-même ces fers, au
» point où ils doivent l'être, et leur donnera, par
» ses dépenses et ses découvertes, toutes les per-
» fections dont ils sont susceptibles.

» ... La compagnie désirant connaître la qua-
» lité des fers de France les plus propres à être
» convertis en acier, se propose de faire, au mois
» de novembre prochain, une fournée de ceux
» qui lui seront envoyés ; elle invite, à cet effet,
» MM. les maîtres de forge qui désireroient faire
» connaître la qualité de leurs fers, d'en adresser,
» à la manufacture, à Amboise, environ 100 li-
» vres, de 18 lignes de large sur 6 à 7 lignes
» d'épaisseur. La compagnie vient d'éprouver les
» fers du comté de Foix, provenant des forges de
» M. le président de Laage, qui ont été indiqués
» par M. le baron de Dietrick : il résulte de cette
» expérience que l'acier qui en est provenu sur-
» passe en qualité celui fait avec des fers étrangers. »

Engagée, dès sa création, dans la voie des essais et des expériences, lorsqu'il convenait surtout de s'attacher à exploiter les méthodes de travail dont l'efficacité était constatée, la manufacture d'Amboise dissipa inutilement le capital dont elle disposait ; elle perdit la réputation qu'elle s'était acquise par les travaux de Sanche, au point que, pendant

la période révolutionnaire, elle se trouva presque effacée par deux autres usines qui s'établirent sur la Basse-Loire, à Angers et à Nantes. Le sieur Ducluzel qui, au commencement de la révolution, avait succédé au sieur Sanche, et qui avait suivi la direction imposée par l'opinion à l'égard des fers indigènes, avait échoué comme lui contre l'impossibilité d'obtenir des fers de qualité convenable. Découragé, à la suite de tant d'efforts infructueux, et demandant au gouvernement du Directoire quelques secours d'argent pour maintenir sa fabrique en activité, il ne voyait d'autre moyen de salut pour son industrie que dans une intervention directe du gouvernement, obligeant les maîtres de forges à fabriquer de meilleurs fers; il écrivait le 14 ventôse an VIII :

« Lorsque je commençai à faire des aciers à » Amboise, je vis avec douleur que les fers natio- » naux ne convenoient pas pour la cémentation, » et qu'il falloit les faire venir de la Suède; je fis » l'essai de presque tous les fers de France, et, » persistant dans mes recherches, j'en fis épurer » dans mes usines qui me donnèrent un meilleur » résultat; alors je reconnus qu'il ne manquoit que » du soin et du travail dans les forges à fer des diffé- » rents cantons de la république; j'en obtins prove- » nant des mines du Berry, desquels je fis des aciers » aussi bons que ceux des fers de Suède : il me pa- » roît qu'il seroit maintenant difficile de porter » les maîtres de forge à épurer et martiner leurs » fers comme il faudroit qu'ils le fussent pour faire » de bon acier, et qu'il seroit nécessaire que le » gouvernement prît des mesures à ce sujet pour » n'être pas tenu de recourir en Suède, pour pou- » voir faire des aciers en France, bons à tous usages. »

La troisième période de l'histoire de nos aciéries commence en 1793; la guerre qui éclata à cette époque, la brusque interruption de toutes les relations commerciales, donnèrent lieu tout à coup à une pénurie d'acier jusqu'alors sans exemple. Sous l'empire de cette nécessité, l'idée de fabriquer l'acier avec des matériaux indigènes se produisit de toutes parts, et le gouvernement révolutionnaire l'appliqua sans délai avec l'énergie qu'il apportait dans tous ses actes. Un volume ne suffirait pas pour rendre compte de ce que le gouvernement fit dans cette voie, et il est vraisemblable que jamais la France ne se retrouvera dans des conditions aussi favorables pour constater les ressources que le sol peut offrir à la fabrication de l'acier : à l'appui de ces assertions, il suffira de présenter ici un résumé très-succinct des faits principaux.

3e période des aciéries de cémentation. 1793—1814.

La mission d'organiser la fabrication des aciers fins fut confiée à une administration spéciale appelée d'abord : *Agence des armes portatives*, et plus tard, *Commission des armes*, *poudres et exploitation des mines*; cette administration correspondait directement d'une part avec le *Comité de salut public*, dans lequel étaient concentrés tous les pouvoirs de l'État; de l'autre avec les *agents nationaux* établis dans chaque district.

Mesures révolutionnaires; création de nombreuses aciéries.

Le comité de salut public fit rédiger immédiatement par les hommes les plus compétents une instruction (1) qui rappelait tout ce que l'on

(1) *Avis aux ouvriers en fer sur la fabrication de l'acier, publié par ordre du comité de salut public.* Imp. du département de la guerre. — Le fonds de l'instruction avait été rédigé par Vandermonde, Monge et Berthollet.

connaissait alors de plus précis sur l'art de fabriquer l'acier naturel et l'acier de cémentation. L'opinion exprimée par les auteurs concernant le choix des fers à acier n'était que le résumé des faits que l'on avait cru constater en 1786, à l'occasion des expériences officielles de la fabrique d'Amboise. Le préambule de l'instruction et le paragraphe concernant le choix des fers à acier, indiquent très-bien les sentiments qui stimulaient l'industrie française et les conditions techniques que celle-ci allait prendre pour point de départ.

« Pendant que nos frères prodiguent leur sang » contre les ennemis de la liberté, pendant que » nous sommes en seconde ligne derrière eux, » amis, il faut que notre énergie tire de notre sol » toutes les ressources dont nous avons besoin, et » que nous apprenions à l'Europe que la France » trouve dans son sein tout ce qui est nécessaire » à son courage. L'acier nous manque, l'acier qui » doit servir à fabriquer les armes dont chaque ci» toyen doit se servir pour terminer enfin la lutte » de la liberté contre l'esclavage.

» Jusqu'à présent, des relations amicales avec » nos voisins, et surtout les entraves qui faisoient » languir notre industrie, nous ont fait négliger » la fabrication de l'acier. L'Angleterre et l'Alle» magne en fournissoient à la plus grande partie » de nos besoins; mais les despotes de l'Angle» terre et de l'Allemagne ont rompu tout com» merce avec nous. Eh bien, faisons notre acier.

» Nous allons vous présenter quelques notions » qui doivent nous guider dans une entreprise gé» néreuse pour ce moment, utile à notre indus» trie pour l'avenir.

. . . .

» Nous répéterons que la bonne qualité du
» fer est une condition indispensable pour obtenir
» un bon acier : il importe de choisir celui de la
» meilleure espèce, et les Anglois qui préparent
» presque exclusivement l'acier de cémentation
» retiennent pour cet objet tout le fer de Ros-
» lagie, qui est le meilleur qui se fabrique en
» Suède, et ils le payent beaucoup plus cher.

» Il ne suffit pas que le fer ne contienne pas de
» principe nuisible, il faut encore qu'il soit forgé
» avec soin..... Nous nous sommes convaincus
» nous-mêmes que des fers de France, de bonne
» qualité, tels que ceux du ci-devant Berry, ne
» faisoient que du mauvais acier lorsqu'on les cé-
» mentoit dans l'état où ils sortent ordinairement
» des forges ; mais les mêmes fers ayant été
» forgés et corroyés avec soin, ont formé de l'a-
» cier aussi bon que celui qui a été fait en même
» temps avec un excellent fer de Suède. Dans une
» autre expérience, l'acier préparé avec du fer du
» ci-devant comté de Foix, qui avoit été bien
» forgé, a produit de l'acier d'une qualité égale
» à celui qu'on a obtenu dans la même opération
» avec le fer de Suède.

» Il résulte de là : 1° que le meilleur fer de
» Suède doit moins la propriété qu'il a de former
» du bon acier à une qualité particulière du mi-
» nerai, qu'au soin avec lequel il est forgé et sou-
» mis à l'action des martinets ; 2° que nous avons
» en France des fers qui peuvent nous procurer
» un bon acier pourvu qu'on veille à ce qu'ils
» soient bien forgés ; mais la seule négligence dans
» cette opération peut faire échouer une entre-
» prise d'ailleurs bien conduite. Ainsi, le premier
» soin que l'on doit prendre pour se procurer de

» bon acier, c'est de se procurer du bon fer..... »

Le 3 floréal an II, l'instruction fut adressée à tous les agents nationaux avec invitation d'agir vivement sur les municipalités et les sociétés populaires de chaque district. La France fut aussitôt couverte de circulaires appelant tous les citoyens à la fabrication de l'acier. Dès le même mois, plusieurs ateliers furent créés : l'agent national près le district de Toulouse, écrivait, par exemple, dès le 17 floréal :

« Aux municipalités et sociétés populaires de » l'arrondissement de Toulouse, citoyens, frères » et amis, l'administration générale des armes m'a » adressé une lettre en date du 3 de ce mois rela- » tive aux fabriques d'aciéries, qu'elle se propose » d'établir dans les différentes parties de la répu- » blique, où les localités pourront comporter de » pareils établissements.

» Elle invite les citoyens qui seroient dans le » cas de les former comme propriétaires de four- » neaux et de forges, ou qui en auroient le désir, » à se montrer, et me prescrit de les lui faire con- » noître pour leur offrir aussitôt tous les secours » en instructions ou en avances pécuniaires qui » pourroient leur manquer.....

» Pendant longtemps la France est restée, pour » la fabrication de l'acier, sous la dépendance des » Anglois et des Allemands. Cette dépendance » honteuse, digne fruit des intrigues et de la basse » politique des cours, pouvoit être supportée sous » le règne de la tyrannie. Elle seroit un crime, » une tache d'infamie chez un peuple libre, et avec » toutes les ressources et matières premières que » nous offre notre territoire.

» Une instruction très-détaillée sur la fabrication

» de l'acier m'a été adressée par le comité de salut
» public..... Je suis chargé par le comité de la
» communiquer aux citoyens qui se présenteront.

» Déjà à Toulouse, un atelier d'aciérie a été
» établi. Les premiers essais des artistes qui le di-
» rigent ont été des succès et méritent de rivaliser
» avec l'acier le mieux perfectionné de nos voi-
» sins. Des échantillons ont été envoyés à la Con-
» vention nationale.....

» Que l'œil perçant de votre surveillance force
» le talent modeste et timide à se découvrir, en
» même temps que vous marquerez d'une tache
» indélébile l'homme égoïste qui par une insou-
» ciance coupable, se refuseroit de concourir avec
» nous pour augmenter nos ressources et consoli-
» der l'édifice du bonheur public... »

Beaucoup de citoyens répondirent à cet appel : de volumineux dossiers témoignent de l'activité et de la persévérance qu'apporta l'agence des armes à s'assurer des garanties qui lui étaient offertes par chacun et à favoriser les ateliers établis sous la protection spéciale, et même avec les capitaux de l'État.

Les chefs d'aciéries qui ne pouvaient se procurer les ouvriers que la guerre enlevait à leurs travaux, obtenaient par *réquisition* ceux qu'ils désignaient eux-mêmes. Des réquisitions leur procuraient également les matières premières que le cours forcé des assignats et la loi du *maximum*, ne permettaient pas d'obtenir par voie de libre échange. Plusieurs usines furent établies, sans mise de fonds première, sur l'emplacement des propriétés nationales.

Parmi les aciéries qui s'élevèrent alors de toutes

Essor et décadence rapide des aciéries révolutionnaires.

parts, celles qui préoccupèrent le plus l'attention de l'agence des armes furent créées : à Paris, aux Feuillants et au faubourg Saint-Antoine; près de Thionville (Moselle); au Hâvre (Seine-Inférieure); à Caumont (Eure); près de Lorient (Morbihan); à Nantes (2 usines, Loire-Inférieure); à Angers (Maine-et-Loire); à Amboise (Indre-et-Loire); à Souppes et à Nérouville (Seine-et-Marne); à Brienne (Aube); à St.-Dié (2 usines), à La Hutte et à Droiteval (Vosges); à Mont-sur-Tille (Côte-d'Or); à Nevers et à Bizy (Nièvre); à Outrefurens (Loire); à Chantemerle (Hautes-Alpes); à l'arsenal de Toulon (Var); près de Marseille (Bouches-du-Rhône); à Alais (Gard); à Nogaro (Gers); à Eucausse (Basses-Pyrénées); à Agen (Lot-et-Garonne); à Toulouse (Haute-Garonne); à Limoges (Haute-Vienne), etc.

La plupart de ces usines furent établies spécialement pour élaborer les fers indigènes, et l'on retrouve souvent dans le choix qui fut fait des localités et des matières premières, la tradition des expériences officielles de la période précédente. C'est ainsi que l'aciérie de Thionville élaborait les fers de la forge de Longuion, sur lesquels Grignon avait opéré en 1779. Toutefois, quelques usines employèrent aussi concurremment des marques inférieures de Suède; les usines de Nantes et d'Angers furent de ce nombre, et il est digne de remarque que, nonobstant leur origine récente, ces dernières contribuèrent beaucoup plus à l'approvisionnement des armées de l'Ouest et des arsenaux maritimes de la Bretagne que ne le fit l'aciérie d'Amboise, qui n'employait plus alors que les fers indigènes. L'aciérie de Toulon, créée sous la direction d'un habile officier d'artillerie, et sur

laquelle il existe beaucoup de documents, employa d'abord des fers de Suède; mais, à la suite d'expériences comparatives dont il reste des procès-verbaux détaillés, on se décida à employer exclusivement les fers de Franche-Comté. Ici encore se reproduisit la confusion qui avait toujours conduit à des résultats erronés. Les neuf sortes de fers suédois que l'on employa et qui sont clairement désignées par leurs marques dans les rapports officiels, n'étaient que des qualités ordinaires qui n'ont jamais été classées en Angleterre parmi les fers à acier. L'aciérie de Toulon, comme plusieurs autres construites à cette époque, rendit temporairement de réels services; c'est par exemple dans cet atelier que furent construits les ressorts des voitures qui amenèrent à Paris les objets d'art conquis en Italie. Aucun de ces établissements, toutefois, ne put surmonter les obstacles qui résultaient de l'imperfection des matières premières: aux époques où toute l'Europe était en armes contre la France, l'agence des armes dut confier à des agents commerciaux la mission d'aller acheter hors de la frontière, les aciers fins dont les arsenaux étaient dépourvus; lorsque plus tard le retour de la paix eut rétabli les relations commerciales, lorsque surtout les premières guerres de l'empire eurent mis à la disposition de la France les aciers naturels du Rhin, toutes les aciéries de cémentation créées au prix de tant d'efforts et de sacrifices, mais qui ne tiraient pas du sol même leurs raisons d'existence, cessèrent immédiatement leurs travaux. Comme je le dirai plus loin, la trace de cette industrie ne fut guère conservée dans l'empire qu'à l'occasion des essais relatifs à la fabrication de l'acier fondu.

4e période des aciéries de cémentation : 1814-1844.

La quatrième période de l'histoire de nos aciéries, commence avec la restauration : elle offre un contraste remarquable avec les trois périodes précédentes. Dès l'année 1817, des ateliers de cémentation, fondés essentiellement sur l'emploi des fers indigènes et particulièrement de ceux des Pyrénées, commencèrent à se développer et n'ont cessé jusqu'à ce jour de croître régulièrement. Dès l'année 1831, la France produisait 24.022 q. m. d'aciers cémentés bruts; en 1843, ce produit a été porté à 58.121 q. m. L'établissement régulier, et le progrès continu des aciéries de cémentation sont donc des faits parfaitement avérés; mais on en conclurait à tort que notre sol offre à l'industrie des aciers, des ressources qui étaient ignorées aux périodes précédentes. Sur le fait essentiel, la qualité des fers à acier, les conditions techniques sont exactement les mêmes que celles qui existaient précédemment. La différence des résultats ne doit point être attribuée à une propriété qui se serait manifestée récemment dans les fers du royaume; elle est uniquement due à deux circonstances essentiellement indépendantes des ressources minérales du pays : quelques détails suffiront pour mettre cette vérité dans tout son jour.

Essor des aciéries.

Modification fondamentale propre à cette période.

Sous l'ancienne monarchie, sous la république et sous l'empire, le gouvernement s'est toujours préoccupé, en ce qui le concernait, de procurer à bas prix à l'agriculture et à l'industrie, les fers et les aciers bruts ainsi que les outils fabriqués avec ces métaux. Les droits de douane, toujours très-modérés, se sont souvent réduits à une sorte de droit de balance. Ce système d'administration était poussé à ce point que, pendant le siècle dernier, les droits imposés à l'exportation des fers bruts pro-

duits en France, ont été ordinairement plus élevés que ceux qui grevaient l'importation des fers étrangers (1).

Comme je l'ai déjà remarqué, si Réaumur, en 1722, n'eut pas égaré l'industrie nationale, celle-ci, pourvue des fers de Suède, se fût développée dans la même voie que l'Angleterre; elle l'eût fait vraisemblablement avec succès, puisque, pendant toute la durée du XVIII[e] siècle, l'Angleterre crut devoir frapper de droits assez élevés l'importation des fers étrangers. Par ce seul motif les aciéries françaises, en portant aux marchés neutres les aciers fabriqués avec les fers suédois, y eussent trouvé sur les usines anglaises un avantage qui, dans les conditions actuelles, est au contraire acquis à ces dernières. Les anciens gouvernements n'ont jamais méconnu néanmoins, les avantages que pouvait assurer au territoire l'industrie des fers et des aciers, et, en ce qui concerne les aciéries par exemple, l'histoire dont j'ai reproduit un très-court résumé témoigne assez de leur constante sollicitude : celle-ci se manifestait ordinairement par des encouragements accordés directement aux usines naissantes, et non par l'élévation artificielle du prix de vente sur le marché intérieur. Les frais qu'entraînait ce système de protection étaient généralement prélevés d'une manière directe sur le trésor public, et non indirectement sur les contribuables consommateurs du produit.

Influence des tarifs de la restauration.

La restauration a cru devoir adopter le système inverse, et en ce qui concerne l'acier, des droits de douane fort élevés furent imposés à l'en-

(1) De 1701 à 1718, par exemple, le droit d'exportation était de 20 liv. tourn. par millier pesant, tandis que le droit d'importation n'était que de 5 liv.

trée des produits bruts et des outils. A une protection modérée, variable comme les volontés ministérielles et constamment inquiète du succès, fut substituée une protection considérable, garantie par la loi, peu gênante pour les protégés.

Dans aucun système assurément, l'aciérie élaborant les fers français ne pourra se soustraire à l'inconvénient résultant de l'imperfection de la matière première; ses produits, par comparaison avec les produits étrangers similaires, seront toujours de qualité inférieure : elle pourra néanmoins prospérer et se développer constamment, si un tarif de douane invariable et suffisamment élevé rétablit l'équilibre en sa faveur. Pour une matière première aussi indispensable que l'acier, et qui, à la rigueur, ainsi que je l'indique au début de ce mémoire, peut se fabriquer en tout pays et avec tous les fers, un tel système économique fera prospérer des aciéries partout où on le désirera. L'on pourrait, par exemple, rendre chacune de nos provinces à peu près indépendante, sous ce rapport, de tout commerce extérieur : le succès dans cette voie n'aurait d'autres limites que celles qu'on voudrait apporter au tarif imposé à l'importation des aciers fabriqués au dehors.

On conçoit donc très-bien que, sous une telle influence, les aciéries élaborant les fers indigènes aient pu prendre un essor qui jusqu'alors leur avait été interdit : et s'il est vrai que, dans cette période, le tarif à l'entrée des produits étrangers ait été beaucoup plus élevé que dans les périodes précédentes, il est clair qu'on ne peut tirer de cet essor aucun argument pour établir que des qualités nouvelles auraient été développées tout à coup dans les fers indigènes. Je ne connais jus-

qu'à ce jour aucun fait qui donne même lieu de soupçonner que la propension aciéreuse de nos fers soit devenue plus prononcée qu'aux époques où Réaumur, Jars, Grignon, Sanche, etc., poursuivaient leurs expériences : sous ce rapport, les conditions techniques de la fabrication de l'acier sont aujourd'hui ce qu'elles étaient précédemment. Le fait essentiellement nouveau et propre à la quatrième période est la modification profonde introduite par les lois de douanes, dans les conditions économiques et commerciales de la fabrication de l'acier.

Pour faire apprécier la portée des mesures prises par la restauration, il me suffira de citer les principales modifications du tarif français depuis 1664. Tarif imposé à diverses époques à l'entrée des aciers.

Droits par 100 kilogr. d'aciers importés par navires étrangers ou par terre.

DATES des titres de perception.	ACIERS BRUTS		OUTILS D'ACIER divers (1).	
	naturels ou de cémentation étirés.	fondus étirés.	Droit minimum.	Droit maximum.
	fr.	fr.	fr.	fr.
18 septembre 1664	9,90	»	4,14	4,14
25 novembre 1687	12,41	»	4,14	4,14
3 juillet 1692	10,41	»	6,21	6,21
2 avril 1701	6,21	»	6,21	6,21
15 janvier 1704	[illegible]	»	6,21	6,21
15 mars 1791	6,12	6,12	[illegible]	[illegible]
1er août 1792	6,12	6,12	23,15	72,25
20 thermidor an III	0,61	0,61	4,06	76,50
3 frimaire an V	3,06	3,06	20,40	prohib.
24 nivôse an V	0,51	0,51	20,40	prohib.
6 prairial an VII	0,56	0,56	22,44	84,15
30 avril 1806	9,90	9,90	22,44	84,15
1814 à 1826. — Tarif existant en 1846	72,08	161,35	95,15	291,50

(1) Je ne comprends ici, sous le nom d'outils d'acier,

Je ne pense pas qu'il y ait besoin d'ajouter aucun commentaire au tableau précédent; je rappellerai seulement, pour éclairer les personnes qui ne connaissent pas le prix courant des aciers en Europe, qu'on peut se procurer, dans les entrepôts suédois, les aciers cémentés étirés provenant des meilleures fabriques suédoises, au prix de 38 fr. le 100 kilogr.; qu'à Sheffield les aciers cémentés fondus provenant des premières marques de Danemora, et étirés en barres minces pour coutellerie fine, se vendent ordinairement de 170 à 190 fr. les 100 kilogr. (Voir la note préliminaire.)

En rapportant ces faits, je ne prétends ni blâmer ni louer aucun des deux systèmes de douanes qui ont prévalu en France, soit jusqu'à la fin de l'empire, soit à dater de la restauration; je constate seulement l'influence du fait principal qui distingue, des époques précédentes, la quatrième période de l'histoire de nos aciéries de cémentation.

Création d'aciéries élaborant les fers du Nord.

Les premières aciéries créées à la faveur du nouveau tarif eurent d'abord pour but d'élaborer les fers indigènes; mais, peu à peu, divers fabricants, éclairés enfin sur les véritables causes de la prospérité des aciéries anglaises, commencèrent à employer des fers suédois; c'est seulement à dater

---

que ceux qui sont employés dans les arts usuels. Les droits imposés à l'entrée de ces divers outils sont établis comme suit :

	fr.
Limes à grosses tailles, dites communes; faucilles.	95,15
Scies ayant $1^m,46$ de longueur et plus. . . .	165,45
Faux.	176,80
Limes fines de $0^m,17$ de longueur et au-dessus; scies ayant moins de $1^m,45$ de longueur.	233,75
Limes fines ayant moins de $0^m,17$ de longueur.	291,50

de cette époque que l'industrie de l'acier a été constituée en France sur de solides bases. Tant que le fer de Suède conservera la supériorité qui, depuis deux siècles, lui est acquise par comparaison avec les fers indigènes, les aciéries fondées sur l'emploi de ces derniers fers n'auront jamais qu'une existence artificielle. Si l'on veut prendre la peine de s'enquérir des résultats que produirait aujourd'hui une forte réduction dans le tarif imposé à l'entrée des aciers bruts étrangers, on trouvera que cette mesure entraînerait infailliblement la ruine de toutes les aciéries fondées sur l'emploi des fers indigènes; on trouvera aussi que les seules usines qui aient chance de résister à cette crise sont celles qui s'appliquent à élaborer les meilleurs fers du Nord. La raison en est évidente : si l'on admet que les deux classes d'aciéries se procurent leurs fers au même prix, soient placées dans les mêmes conditions et opèrent avec la même habileté, le fabricant qui élabore le fer indigène n'obtenant qu'un produit inférieur, ne pourra le placer dans le commerce au prix qui est accordé pour le produit analogue de son concurrent : il devra donc échouer, par le fait de la concurrence intérieure, lors même qu'il ne serait pas atteint par la concurrence étrangère. Ici l'on ne peut attendre du temps et de la conservation des tarifs, les heureux résultats qu'on peut espérer dans l'élaboration des cotons, des lins, des autres métaux; dans ces dernières industries, la question de la matière première n'est rien en comparaison des autres questions économiques et techniques : c'est précisément le contraire dans l'industrie de l'acier.

En résumé, l'essor des aciéries françaises pendant la quatrième période, résulte de causes es- Situation faite aux aciéries par le tarif de 1814.

sentiellement étrangères à la propension aciéreuse des fers indigènes : il est dû, en premier lieu, aux tarifs élevés établis par la restauration ; en second lieu, à l'emploi que l'on commence à faire des bonnes sortes de fers à acier du Nord. Dans cette période, comme dans les précédentes, on n'a jamais fait d'aciers fins en France qu'en cémentant les fers du Nord : ce sont les aciers fabriqués d'après ce principe qui seuls peuvent prétendre à lutter un jour contre les aciers étrangers, dans les conditions d'une libre concurrence. Tant que l'infériorité actuelle des fers indigènes subsistera, on pourra sans doute, à l'aide des tarifs, augmenter à volonté la production des aciers entièrement indigènes ; mais, quelle que soit l'habileté acquise par nos fabricants, l'édifice industriel ainsi créé n'aura jamais d'autre base que le tarif, et s'écroulera infailliblement dès que celui-ci sera supprimé ou notablement réduit.

En traçant cette histoire de nos aciéries, je me suis seulement attaché au point essentiel pour la question en litige, à la fabrication des aciers bruts de cémentation. L'histoire de nos fabriques d'acier naturel et d'acier fondu prouverait également l'insuffisance des ressources que celles-ci ont tiré jusqu'à ce jour des matériaux indigènes. Il me paraît superflu toutefois d'entrer à ce sujet dans des détails circonstanciés ; je me bornerai à exposer ici un petit nombre de faits qui me paraissent compléter suffisamment cette appréciation sommaire du passé des aciéries françaises.

Indications historiques sur les fabriques d'acier naturel.

Les fabriques d'acier naturel datent, en France, d'une époque fort antérieure à celle des aciéries de cémentation ; les produits de celles de ces fabriques

qui tirent leurs matières premières du sol français ont toujours été de qualité inférieure, par comparaison avec les produits similaires fournis par les fabriques allemandes. Les anciens gouvernements ont cependant accueilli avec faveur toutes les personnes qui prétendaient avoir trouvé les moyens d'améliorer la fabrication, et parfois même ils ont pris l'initiative des améliorations. C'est même sur cette classe de fabriques que se portèrent d'abord les efforts les plus directs de l'agence des armes portatives, au commencement des guerres de la révolution. Ces fabriques étaient toutes créées; l'instruction rédigée par l'ordre du comité de salut public donnait l'espoir de perfectionner leurs produits par de meilleures méthodes de travail : c'est donc à ces usines que l'on demanda la matière première des douze cent mille baïonnettes, dont la fabrication préoccupa surtout l'agence des armes. Des écoles pratiques furent immédiatement créées dans les diverses provinces où se fabriquait l'acier naturel : les meilleurs ouvriers, mis en réquisition, y expérimentèrent les méthodes recommandées par le comité de salut public, pour propager ensuite, dans les forges de la république, celles de ces méthodes dont la supériorité aurait été ainsi constatée. Des agens d'un ordre plus élevé furent chargés, en qualité d'*inspecteurs d'aciéries*, de diriger ces tentatives; trois de ces inspecteurs, chacun aux appointements de 6.000 fr., furent créés pour la seule province du Nivernais. Mais tous ces efforts restèrent sans résultat. Une volumineuse correspondance, conservée dans les archives de l'administration des mines, montre comment l'agence des armes dut renoncer peu à peu à toutes les illusions qu'on

s'était faites sur les fabriques indigènes d'acier naturel. Pour la province du Nivernais en particulier, deux inspecteurs furent bientôt supprimés : le troisième fut d'abord conservé sur la recommandation de plusieurs maîtres de forges qui rendirent d'excellents témoignages du zèle et de la capacité de cet agent ; toutefois ses appointements furent réduits à 1.200 fr. Après cinq ou six années, l'emploi fut définitivement supprimé, sur un rapport qui constatait que l'institution des inspecteurs d'aciéries n'avait produit aucun résultat pratique digne d'être signalé.

En résumé, les fabriques d'acier naturel ont introduit depuis un siècle, dans leurs méthodes de travail, quelques-unes des améliorations que le renchérissement du combustible végétal et le progrès général des arts ont propagées, sur une plus grande échelle, dans l'ensemble des forges françaises, comme dans toutes les usines de l'Europe; mais aucune modification essentielle n'a été apportée à la qualité des produits. Le jugement que Diderot portait, en 1751, de la valeur relative des aciers naturels du royaume et des aciers allemands et anglais, pourrait être conservé aujourd'hui, mot pour mot, dans une nouvelle édition de l'Encyclopédie.

Aperçu historique sur la fabrication de l'acier fondu.

Vers le milieu du dernier siècle, lorsque la fabrication de l'acier fondu commença à se développer en Angleterre, la France n'avait pas encore réussi à fabriquer l'acier de cémentation ; elle ne put donc suivre l'Angleterre dans la voie qui lui assurait désormais la supériorité, sur tous les marchés, pour les aciers bruts et ouvrés de qualité supérieure. Dans l'opinion que Réaumur avait

fixée en France, les mécomptes éprouvés jusque-là par les aciéries françaises, avaient été attribuées à ce que celles-ci n'avaient pu encore s'approprier le véritable secret du *cément* d'Angleterre : dans le même ordre d'idées, on persista à méconnaître la cause qui faisait obstacle à la production de l'acier fondu et l'on crut généralement la trouver dans l'ignorance du *flux* mystérieux employé par les Anglais. J'ai indiqué ci-dessus comment l'ingénieux fondateur de l'aciérie d'Amboise, parvint en 1782 à fabriquer de bon acier fondu avec les fers de Suède, et comment les exigences de l'opinion et les expériences officielles qui lui furent imposées, empêchèrent le développement de la solution qu'il avait trouvée.

Les tentatives ayant rapport à la fabrication de l'acier fondu, furent peu nombreuses et peu suivies sous le gouvernement de la république; mais elles furent reprises avec une grande activité, vers les dernières années de l'Empire. Les résultats les plus remarquables furent obtenus à Liége par les frères Poncelet; toutefois ces habiles fabricants ne purent rien fonder de durable, par la même cause qui avait fait échouer Sanche à Amboise. Ici encore le préjugé, prévalant sur l'expérience, rendit stériles les plus louables efforts.

Les frères Poncelet avaient fait leurs premiers aciers fondus avec les fers suédois de Danemora. Ces aciers furent trouvés de qualité supérieure; mais on fit comprendre à ces fabricants, que pour prétendre au grand prix de 4.000 francs, institué pour la production de l'acier fondu, ils devaient s'appliquer à élaborer des fers indigènes. Les frères Poncelet recommencèrent donc leurs essais sur des fers provenant en partie des Pyrénées, et

en partie du département de la Roër; il en résulta des aciers évidemment inférieurs aux premiers produits. Un rapport officiel rédigé en 1809, fit un grand éloge des nouveaux aciers fondus des frères Poncelet, les encouragea à persévérer dans cette voie, mais conclut toutefois en proposant de reculer de deux années le terme fixé pour l'octroi du prix de 4.000 francs. Je citerai plusieurs passages de ce rapport qui caractérisent parfaitement la persistance avec laquelle l'opinion continuait à repousser les indications de l'expérience : Les contradictions qu'on y remarque signalent très-bien l'embarras que donnait aux rapporteurs, la contradiction flagrante qui existait entre l'idée fixe et le fait observé.

« D'après ces divers essais, il est constant que » les aciers fondus fabriqués en grand par » MM. Poncelet, sont, *à peu de chose près*, » égaux en qualité aux plus parfaits des fabriques » étrangères, et qu'avec quelques perfectionne- » ments que le dernier envoi paraît déjà présenter, » ces artistes parviendront bientôt à remporter » cette conquête sur les fabriques les plus renom- » mées...... Il est constant que si MM. Poncelet » avaient fabriqué leurs aciers avec des fontes ou » avec de *bons fers durs de Suède*; tels que ceux » de Roslagie que les Anglais emploient (et comme » ces fabricants l'ont fait eux-mêmes lorsqu'ils » ont présenté des aciers fondus au bureau con- » sultatif, qui, alors, furent trouvés d'une qua- » lité supérieure), ils en auraient aujourd'hui » obtenu de comparables aux meilleurs aciers » venant d'Angleterre.

» Il eût été sans doute possible à MM. Poncelet » de trouver des fers français analogues à ceux de

» Suède, parmi ceux proclamés dans le Rapport
» du Jury national sur les produits de l'industrie
» française, présentés à l'exposition de 1806. Mais
» ces artistes, empressés de répondre à la de-
» mande du ministre, et de prouver que la France
» pouvait se passer de secours étrangers pour les
» aciers fondus, satisfaits d'ailleurs, à beaucoup
» d'égards, des aciers cémentés qu'ils avaient pré-
» parés avec les fers du département de l'Aude et
» de celui de la Roër, n'ont pas pris le temps né-
» cessaire pour en essayer beaucoup d'autres qui
» auraient été peut-être plus avantageux. »

Une note jointe à ce rapport, rappelle que des expériences faites depuis peu de temps, avaient prouvé la qualité supérieure et la propension aciéreuse des fers indigènes : on y trouve par exemple les assertions suivantes :

« Des essais (faits en 1801 par ordre du pre-
» mier consul), ont prouvé que plusieurs forges
» françaises avaient donné des fers doux et mous
» qui ne le cédaient en rien aux meilleurs de
» cette qualité venant de Suède..... Lors de l'ex-
» position de 1806, il a été constaté que sept
» départements avaient fourni des aciers excel-
» lents....... A l'égard des fers, seize départements
» en ont offert de qualité supérieure, dont plu-
» sieurs étaient comparables, pour la dureté jointe
» à la qualité, aux fers de Suède les plus propres
» à faire des aciers : on remarquait particuliè-
» rement ceux des forges de Clavières (Indre),
» de Fraisans, Rans, Dampierre et Bruyère (Jura),
» de Bèze (Côte-d'Or), de Rambervilliers (Vosges),
» et sans doute il en existe dans beaucoup d'autres
» départements. »

Il ne paraît pas que l'aciérie de Liége se soit développée dans la direction que lui imposait l'opi-

nion publique, ni que ses procédés aient été appliqués dans les départements que la France a conservés en 1815. La fabrication de l'acier fondu resta étrangère à la France, jusqu'au moment où les aciéries de cémentation de la Loire, introduisant pour la première fois sur notre territoire les habitudes de travail propres au Yorkshire, commencèrent à employer en grand le fer de Suède. Les seuls aciers fondus, fabriqués en France qui jusqu'à ce jour aient lutté avec succès contre les aciers supérieurs d'Angleterre, ont été fabriqués dans le département de la Loire, avec des fers de Suède. Cette industrie n'a pris un véritable essor que depuis 1838. En 1844, sur une production totale de 18.602 q. m., le seul département de la Loire a livré 16.127 q. m. La décroissance des importations d'aciers fondus anglais date de 1840, et coïncide exactement avec le développement des aciéries de la Loire.

Essais pour fabriquer l'acier fondu avec la fonte de fer.

L'exposé que je viens de présenter des tentatives faites en France depuis un siècle et demi, pour fabriquer l'acier avec des matières indigènes, resterait incomplet si je ne mentionnais ici une autre classe de recherches qui a donné lieu à de nombreuses déceptions. Les personnes qui ont étudié, dans les forges, la fabrication de l'acier naturel, ont dû être frappées de cette circonstance que l'opération métallurgique où la fonte de fer est convertie en acier, ne produit que du fer ordinaire si les mêmes manipulations sont prolongées plus longtemps. La pratique des affineurs apprend également qu'on accélère la conversion de la fonte en acier, en ajoutant du fer forgé au bain de fonte en élaboration dans le feu d'affinerie. Ces faits,

malgré les opinions théoriques qui ont régné successivement, ont dû toujours suggérer la pensée que l'acier est un certain état du fer intermédiaire entre la fonte et le fer forgé, et qu'il y aurait espoir de produire de l'acier en ajoutant, à la fonte en fusion, une dose convenable de fer.

Dès 1722, Réaumur annonça que l'on pouvait préparer une sorte d'acier en mettant ainsi en présence la fonte et le fer malléable : il donna dans son ouvrage quelques détails sur cette expérience, en rappelant qu'elle avait été faite antérieurement par Vanoccio. Il n'indiqua point alors formellement qu'on pouvait fabriquer l'acier de cette manière ; mais il paraît que cette méthode fut la base du l'un des secrets qu'il essaya, quelques années plus tard, d'appliquer à l'industrie dans la fabrique d'*acier fondu* établie à Cosne, sous sa direction. Beaucoup de personnes ont tenté depuis cette époque de convertir, d'après ce principe et dans des conditions industrielles, la fonte en acier : elles ont constamment échoué, comme l'avait fait Réaumur.

Vers la fin du dernier siècle, la mémorable découverte de Monge, Vandermonde et Berthollet vint ramener dans cette direction les efforts des industriels et des savants : lorsqu'en effet il eut été établi que la fonte est essentiellement composée de fer et de quelques centièmes de carbone, tandis que l'acier n'est que du fer combiné avec un ou deux millièmes de ce même corps, on se trouva naturellement conduit à tenter de fabriquer directement l'acier fondu, en traitant la fonte par une substance oxydante capable d'en séparer toute la proportion de carbone qui n'est pas nécessaire à la constitution de l'acier. On peut dire que cette donnée scientifique a été soumise depuis le com-

mencement de ce siècle à une expérience en quelque sorte permanente; et pour ma part, depuis que je me suis voué à l'étude de la métallurgie, j'ai eu occasion de suivre, tant en France que dans les pays étrangers, les résultats de vingt tentatives de ce genre. On composerait une très-longue liste du seul énoncé des brevets d'invention relatifs à de telles méthodes, des rapports favorables et des distinctions honorifiques auxquels ces inventions ont donné lieu. Au moment même où j'écrivais ces lignes, un habile propriétaire de forges venait m'entretenir d'un procédé nouveau fondé sur le même principe et dont les résultats semblent offrir les plus flatteuses espérances. Plusieurs de ces méthodes m'ont d'abord vivement intéressé : préoccupé depuis longtemps de l'infériorité flagrante des aciéries françaises (1), abusé comme les auteurs mêmes de ces entreprises par les premiers résultats qu'on y avait obtenus, je pensai d'abord que c'était dans cette voie que la France pouvait espérer de balancer la supériorité que certains minerais donnent aux pays étrangers. Mais les mécomptes multipliés que j'ai constatés depuis quinze ans, et les désastres qui ont frappé toutes les entreprises industrielles fondées sur de telles méthodes, ont forcément rectifié mon opinion. L'histoire de toutes ces tentatives se résume invariablement dans les faits suivants. Les produits des premiers essais soumis à l'examen des meilleurs ouvriers en acier donnent

---

(1) Observations sur le mouvement commercial des principales substances minérales entre la France et les pays étrangers, etc.... *Ann. des Min.*, 3e série, tome II, page 514, année 1832.

toujours les espérances les plus flatteuses; souvent le produit est égal, sinon supérieur, aux meilleurs aciers étrangers; tout au plus signale-t-on, dans quelques-uns, de légères imperfections qui semblent inhérentes à un travail exécuté sur une petite échelle, et que de plus grands moyens d'action doivent inévitablement corriger. Mais aussitôt que sur ces indications on commence à opérer en grand, cette heureuse perspective s'évanouit; on voit surgir une foule de difficultés jusqu'alors inaperçues : les produits fabriqués perdent toute régularité, et l'on n'y trouve plus que par exception les qualités indispensables aux consommateurs. En vain veut-on remédier à cette irrégularité en opérant sur de plus grandes masses; chaque jour, au contraire, les objets de rebut deviennent plus nombreux, et chaque jour aussi les chances de succès deviennent moins probables. Je le répète, je ne connais pas une seule tentative ayant pour objet de fabriquer directement l'acier fondu avec la fonte de fer, qui n'ait présenté ces phases successives : les seuls inventeurs que cette direction de travaux n'a point ruinés, sont ceux qui ont su s'y arrêter assez tôt.

Beaucoup de savants et d'industriels ont tenté de fabriquer l'acier en prenant d'autres principes pour point de départ de leurs recherches; mais celles-ci, après avoir fait naître les plus brillantes espérances, ont toujours eu pour résultat définitif une déception. Je citerai, par exemple, les belles expériences faites par Clouet, en 1797, et le rapport que deux illustres savants rédigèrent à ce sujet pour l'Institut national. J'engage les personnes qui veulent s'éclairer sur les difficultés de ces questions, sur le degré de confiance que mé-

ritent les expériences officielles, alors même qu'elles sont confiées aux hommes les plus habiles et les plus consciencieux, à lire les divers jugements auxquels a donné lieu la découverte de Clouet; je me bornerai ici à reproduire quelques passages du préambule et de la conclusion du rapport que j'ai particulièrement signalé.

«Depuis que les recherches de Réaumur avaient » éclairé la pratique de la fabrication de l'acier...., » la théorie de la conversion du fer en acier n'é- » tait pas plus avancée, malgré les belles et nom- » breuses expériences de Bergmann, de Rinman, » de Priestley, etc. .... Il n'y a pas plus de douze » ans que l'on sait bien certainement que c'est le » carbone qui..... constitue le fer en état de fonte » grise, de fonte blanche et d'acier.... Cependant » les Anglais, qui nous avaient longtemps fourni » l'acier de cémentation (1), restaient encore en » possession de fabriquer exclusivement pour » toute l'Europe, une troisième espèce d'acier » connue sous le nom d'*acier fondu*, dont l'in- » vention ne remonte pas au delà de 1750.

» ..... Ce n'est pas que l'on ait méconnu l'avan- » tage de la naturaliser parmi nous; sous l'ancien » régime, le gouvernement a plusieurs fois ac- » cordé des encouragements à ceux qui lui en » faisaient concevoir l'espérance. Jars nous avait » donné, dans son Voyage métallurgique, la ma- » nière dont cette opération se pratiquait à Shef- » field, à la réserve de la composition du flux,

(1) Ceci s'écrivait à l'époque où l'on se flattait que les nombreuses aciéries de cémentation, élevées par le gouvernement de la république, avaient enfin soustrait, sous ce rapport, la France à la dépendance de l'Angleterre.

» dont on faisait un secret; une foule d'expériences
» avaient mis sur la voie de le découvrir; il est
» peu de chimistes qui n'aient obtenu dans leurs
» fourneaux des culots de 5 à 6 décagrammes
» d'acier parfaitement fondu; nous pourrions
» citer à ce sujet nos propres observations.....;
» s'il est vrai de dire qu'il y a loin de ces expé-
» riences de laboratoire à un procédé susceptible
» d'être introduit tout de suite avec avantage dans
» des ateliers de fabrication, quelques-unes faites
» plus en grand ne donnaient guères plus d'espé-
» rances de succès..... Aussi voyons-nous, dans
» l'Avis sur la fabrication de l'acier, rédigé et pu-
» blié..... en exécution d'un arrêté du comité de
» salut public, que les citoyens Vandermonde,
» Monge et Berthollet, bien instruits des tenta-
» tives qui avaient pu être faites sur ce sujet, ...
» déclarent qu'ils ne peuvent présenter que des
» conjectures sur la manière de donner à l'acier
» fondu une dureté extraordinaire et un grain
» parfaitement uniforme dans toute la masse.....

» Tel était l'état de nos connaissances et de nos
» pratiques industrielles sur cet objet lorsque le
» citoyen Clouet a repris les expériences dont il
» s'était déjà occupé, et a exécuté plus en grand,
» à la maison du Conservatoire et de l'École des
» mines, la fusion des diverses espèces d'acier et
» la conversion immédiate du fer en acier fondu.

. . . .

» D'après ces réflexions et les faits exposés dans
» ce rapport, nous concluons : .... que par les
» travaux du citoyen Clouet, les procédés de ce
» nouvel art se trouvent déjà déterminés de ma-
» nière à ne laisser aucun doute sur leur réussite
» dans une grande fabrication; que l'acier qui

» en provient, forgé en barres, a tous les caractères extérieurs et les qualités intrinsèques de l'acier fondu anglais des fabriques de *Huntsman* et *Marschall* (1); qu'il peut servir aux mêmes usages, et être introduit en concurrence dans le commerce, sans craindre qu'on puisse en faire quelque distinction à son désavantage; qu'il est à désirer, pour assurer et accélérer les fruits de cette découverte, que le gouvernement se détermine à ordonner la fabrication de quinze à vingt myriagrammes de cet acier, dont la valeur, au prix actuel, serait à peu près l'équivalent de la dépense; qu'en confiant au citoyen Clouet la

(1) On lit dans un autre rapport officiel que les aciers fondus d'Angleterre, marqués *Huntsman* et *Marschall*, se fabriquent avec des mélanges complexes de fontes et de fer; cette assertion est une erreur. Les fabricants anglais, qui depuis un siècle ont fondé sur l'élaboration des fers de Suède la réputation universelle dont jouissent ces deux marques se garderaient bien de compromettre, par de telles pratiques, la fortune qui s'attache à leur nom. Ces maisons sont au nombre de celles que je signalais ci-dessus, § 1er, page 12, et qui depuis l'origine de la fabrication n'ont jamais employé, pour ces marques spéciales, d'autres fers que ceux de Danemora. Tous les fabricants de Sheffield peuvent sans doute fabriquer avec les mêmes fers, et au besoin avec les mêmes ouvriers, des aciers de qualité absolument identique; mais ceux-ci ne se placeraient pas tout d'abord au même prix, et ce n'est que justice. Tel est le résultat de l'admirable régularité des fers de Danemora, et en même temps de la longue probité industrielle des fabricants suédois et anglais. L'acheteur qui, en l'absence de tout moyen de contrôle, paye sans hésiter l'acier *Huntsman* plus cher que toutes les autres sortes, ne cède point, comme on l'a dit injustement, à un aveugle esprit de routine; il rend l'hommage le plus logique et le mieux mérité à toutes les qualités matérielles et morales que cette marque garantit depuis un siècle.

» conduite des premières fontes, il aurait une ga-
» rantie de plus du succès; enfin, que dans tous les
» cas, la communication libre et sans réserve que le
» citoyen Clouet vient de faire de cette découverte,
» lui acquiert des droits à la reconnaissance de ses
» concitoyens et aux récompenses nationales. »

La découverte dont on portait un tel jugement ne conduisit cependant à aucun résultat, et depuis lors il n'en a plus été question.

L'aciérie de la Bérardière (Loire), créée sous l'influence des tarifs de la restauration, dans le but spécial de fabriquer des aciers fins avec des matières indigènes, parut d'abord obtenir de brillants succès. En 1818, une médaille d'or lui fut accordée par la Société d'encouragement; en 1819, un rapport officiel rédigé, comme tant d'autres, à la suite d'expériences qui semblaient démontrer la haute qualité de ses produits, présentait les conclusions suivantes :

« D'après ces faits, il est constant que nos
» aciéries, avec nos excellents minerais de fer,
» préparés dans nos forges, raffinés dans nos fa-
» briques, sont en état de fournir.... toutes les va-
» riétés d'acier dont nous avons besoin, et même
» quelques-unes supérieures à celles que nous rece-
» vons de l'étranger : il y a lieu d'espérer que, si le
» gouvernement continue à protéger la fabrica-
» tion des aciers et les manufactures qui sont éta-
» blies d'après la confiance que leur donnaient des
» tarifs sanctionnés pour les droits d'entrée sur les
» aciers étrangers, nous pourrons bientôt mettre
» le commerce en état de verser au dehors non-
» seulement des objets fabriqués avec nos aciers,
» mais encore des aciers divers non fabriqués. »

Plus d'un quart de siècle s'est écoulé depuis

l'époque où des hommes éminement consciencieux croyaient pouvoir fonder de telles espérances sur les aciéries françaises alimentées par des matières exclusivement indigènes; cependant aujourd'hui comme alors, les usines placées dans ces conditions n'exportent rien dans les pays étrangers; aucune d'elles ne pourrait même subsister si une réduction considérable était faite dans le tarif qui les protége. L'entreprise dont le rapport fait l'éloge n'ayant pu se soutenir, l'emplacement qu'elle occupait est devenu la propriété de l'habile fabricant qui a importé en France les méthodes de travail du Yorkshire : n'y a-t-il pas un haut enseignement dans cette force des choses qui a substitué à une usine élevée dans le but de démontrer la supériorité des aciers exclusivement indigènes, l'usine de France qui fabrique aujourd'hui avec les fers du Nord nos meilleurs aciers; la seule qui jusqu'à ce jour ait lutté commercialement, sur le marché français, contre les aciéries anglaises?

Vers 1820, MM. Faraday et Stodart, à la suite de l'analyse qu'ils avaient faite du Wootz ou acier fondu de l'Inde, furent conduits à développer, par une longue suite d'expériences, l'idée que l'on pouvait fabriquer d'excellents aciers fondus en alliant au fer une faible quantité de divers métaux. Pendant plusieurs années, des recherches, fondées sur la même idée, furent entreprises dans toutes les parties de l'Europe. En France particulièrement, plusieurs industriels se livrèrent dans cette direction scientifique à des travaux remarquables : l'un d'eux répondant à l'appel de la Société d'encouragement, fit avec les fonds de cette société plus de trois cents expériences sur les alliages du fer avec la plupart des métaux.

Beaucoup d'alliages préparés en petit de cette manière, et essayés par les meilleurs fabricants d'objets d'acier, furent jugés d'excellente qualité.

Un rapport adressé en 1821 à la Société d'encouragement, signale les heureux résultats obtenus dans cette voie par quatre savants ou artistes français. Il annonce que les aciers nouvellement découverts paraissent devoir obtenir le plus grand succès dans les arts. Cependant toutes ces recherches qui se continuèrent jusqu'à l'année 1824, ne conduisirent à aucun résultat manufacturier; et depuis ce temps, l'on a rarement renouvelé les tentatives ayant pour objet la fabrication des aciers d'alliage. Les personnes qui voudront s'éclairer sur l'étendue des illusions, que l'on persistait à entretenir touchant la valeur des assertions de Réaumur, et les causes de la supériorité des aciéries anglaises, devront lire toutes les publications qui ont été faites dans cette période de l'histoire de nos aciéries.

A la même époque, la Société d'encouragement accorda une médaille d'or à un habile fabricant d'aciers, dont les produits ouvrés jouissaient d'une certaine réputation, et qui semblait offrir toutes les garanties du succès. Cet artiste préparait lui-même, dans une fabrique située près de Paris, des aciers fondus qu'il mettait en œuvre, et le rapport, d'après lequel cette distinction honorifique fut accordée, crut pouvoir affirmer qu'il y avait, dans le procédé nouveau, perfectionnement de tous les travaux antérieurs, et amélioration importante pour la fabrication et le travail de l'acier. Vingt ans plus tard environ, le même inventeur n'en était encore qu'aux essais. Je fus chargé avec plusieurs collègues de constater la valeur d'un procédé

à l'aide duquel, moyennant une préparation chimique tenue secrète, l'auteur prétendait convertir directement les plus mauvaises fontes en aciers fondus de qualité supérieure. On nous montra à cette occasion des objets ouvrés dont la qualité nous parût être excellente; mais nous n'avons point encore appris que ces essais aient conduit à un procédé manufacturier.

Il me semble peu utile de développer davantage l'histoire des tentatives faites en France dans le but de fabriquer, avec des matières exclusivement indigènes, des aciers de qualité supérieure. J'aurais à reproduire invariablement, pour chaque cas, les mêmes circonstances ; la réussite des premiers essais ; la ruine des entreprises fondées sur les rapports officiels et sur les distinctions honorifiques accordées aux inventeurs. Les détails qui précèdent me paraissent suffire pour mettre au besoin le lecteur sur la voie d'études plus approfondies.

Causes des mécomptes dus aux essais relatifs à la fabrication de l'acier.

Après avoir constaté tous les mécomptes dont je n'ai rapporté ici que le moindre nombre, j'ai souvent cherché à m'expliquer pourquoi tant de personnes, au lieu d'employer les moyens assurés de succès fournis par l'expérience anglaise, persistent à suivre, sans nouveaux moyens d'action, la voie où tant d'autres ont échoué avant eux. Cette persistance ne s'explique pas seulement par l'importance qui s'attache à la fabrication des aciers supérieurs ; elle tient surtout à d'autres motifs. Au premier rang de ceux-ci je trouve les indications d'une science erronée, ignorante des faits, qui, en proposant comme facile l'un des problèmes les plus épineux de la métallurgie, jette encore chaque jour dans la voie des expériences beaucoup de

personnes qui ne sont point à la hauteur d'une semblable tâche. Je m'explique encore la persévérance imprudente des inventeurs par l'abus qui a été fait depuis un siècle et demi des expériences officielles, des rapports louangeurs et des distinctions honorifiques. On ne peut sans doute qu'applaudir aux sentiments honorables qui ont motivé ces encouragements; tous ceux qui ont été dans le cas de porter un jugement sur la valeur réelle d'une invention, savent combien il est naturel de céder à l'intérêt qu'excite un artiste dévoué à son œuvre et qui, pendant toute sa vie, a lutté contre des difficultés supérieures à ses forces. Il n'en est pas moins vrai toutefois que l'émission prématurée de ces encouragements est chose regrettable. Les éloges officiels ne peuvent prévaloir contre la force des choses : si donc l'invention n'a point d'avenir, ils nuisent à l'inventeur même en prolongeant ses illusions; ils nuisent surtout à l'industrie en appelant plus tard d'autres personnes dans une voie que l'expérience doit condamner. Ces réflexions ne s'appliquent pas seulement à l'industrie de l'acier, elles m'ont été suggérées également par nombre de rapports officiels relatifs à d'autres branches de la métallurgie. Ces études me conduisent à penser que les institutions scientifiques et industrielles, qui, en jugeant la valeur des nouvelles méthodes de travail, rendent journellement de si grands services à l'industrie, pourraient accroître considérablement, par un moyen très-simple, l'utilité de leur intervention. Je proposerais que chaque recueil périodique où s'impriment les rapports relatifs aux inventions récentes, fût complété à l'avenir par un second recueil, dans lequel, à dix ans de distance par exemple, on constaterait l'état

récent des inventions précédemment recommandées à la reconnaissance publique. Le premier volume de ce recueil complémentaire, rédigé une première fois et à grands traits, pour les quarante premières années de ce siècle, porterait, j'en suis convaincu, un haut enseignement à la fois pour la science et pour l'industrie.

Résumé sur l'histoire des aciéries françaises.

L'histoire des aciéries françaises se résume en définitive dans les propositions suivantes : jusqu'à ce jour on n'a pu trouver dans le sol du royaume la matière première de la fabrication des aciers fins. Les mécomptes qu'ont éprouvés pendant un siècle et demi toutes les usines qui se sont établies en France, tiennent essentiellement aux opinions erronées propagées par Réaumur et entretenues par des expériences officielles, touchant la propension aciéreuse des fers indigènes. Les succès réels qui ont été récemment obtenus en France, c'est-à-dire les seuls qui puissent un jour se maintenir dans les conditions d'une libre concurrence, sont dus à l'adoption pure et simple des moyens d'action sur lesquels, depuis deux siècles, est fondée la prospérité des aciéries anglaises, savoir : l'élaboration des fers à acier du Nord et particulièrement des meilleures marques de Suède.

§ III. DES QUESTIONS QUE SOULÈVE LE TARIF IMPOSÉ EN FRANCE À L'ENTRÉE DES FERS À ACIER DU NORD DE L'EUROPE.

Tarif actuel : situation des consommateurs de fer.

Les fers du Nord employés comme matière première par les aciéries françaises doivent acquitter, à leur entrée en France, un droit de douane qui, selon la dimension des barres, varie de 18f,15 à 45f,32 par 100 kilogrammes. Cette

charge pèse sur la fabrication de l'acier comme sur toutes les autres industries qui élaborent le fer, et si les autres données premières de ces industries étaient également identiques, il n'y aurait point lieu de réclamer ici une exception au tarif.

Les industries qui élaborent le fer pour une destination autre que la conversion en acier, trouvent généralement en France la qualité de fer qui leur convient le mieux : souvent elles payent cette qualité 100 p. o/o plus cher qu'elles ne l'eussent fait dans le système commercial qui a prévalu, en France, depuis le règne de Louis XIV jusqu'à la fin de l'empire; elles se trouvent, par cela même, restreintes dans leur essor; et leurs produits, bien qu'ayant toute la qualité désirable, ne peuvent, en raison de leur haut prix, se placer sur les marchés étrangers. Mais, aux réclamations que suscite cet état de choses, les partisans du régime créé par la restauration répliquent par des raisons très-plausibles. A un point de vue élevé d'intérêt public, les inconvénients qui pèsent sur les consommateurs de fer brut sont compensés par les avantages attribués aux producteurs de ce métal; les consommateurs de fers ouvrés sont pourvus d'objets aussi bons que ceux que pourrait fournir le commerce étranger, et si le prix qu'ils en doivent donner est considérable, ils trouvent presque toujours une certaine compensation dans le tarif même qui protége l'ensemble du travail national. Les inconvénients que ne rachète pas le tarif, et par exemple, la difficulté de lutter sur les marchés neutres contre le commerce étranger, ces inconvénients, dit-on, ne sont que temporaires. La France possède toutes les conditions premières d'une fabrication de fer à bon marché : il ne s'agit

que d'apprendre à en tirer parti; avec de la patience on regagnera l'avance que d'autres nations ont su prendre sur nous : avec le temps, la France obtiendra le fer à aussi bas prix que les autres nations industrielles : elle aura à la fois les avantages qu'elle peut attendre de la préparation des fers ouvrés, et ceux qui dérivent de la préparation de la matière première.

Situation des consommateurs de fers à acier et d'objets d'acier.

Si les usines qui convertissent le fer en acier et les consommateurs d'objets d'acier étaient placées dans les mêmes conditions, je n'aurais, pour ma part, élevé aucune objection contre le tarif actuel : et si l'on peut démontrer qu'il en est ainsi, je m'empresserai de reconnaître l'erreur dans laquelle je suis tombé.

L'opinion que j'ai émise en 1843 est basée sur deux faits matériels constatés par l'ensemble de mes études sur la métallurgie de l'acier, savoir : que pour fabriquer, par voie de cémentation, des aciers de qualité supérieure, il est nécessaire et il suffit d'employer certains fers du nord de l'Europe; que la France n'a jamais produit ces sortes de fer. Si ces faits sont inexacts, mon opinion se trouve aussitôt condamnée : s'ils sont reconnus vrais, aucune des raisons sur lesquelles on motive la conservation du tarif des fers ne peut se soutenir, en ce qui concerne les aciéries de cémentation.

Les raisons qui motivent le tarif des *fers* ne s'appliquent pas aux *fers à acier*.

En effet, il n'y a plus balance, au point de vue de l'intérêt général, entre l'avantage attribué aux forges qui produisent le fer brut et les charges imposées aux aciéries : les forges ne profitent que pour ce qu'elles vendent réellement aux aciéries; mais celles-ci, qui payent des droits élevés sur les

fers qu'elles sont obligées de tirer des pays étrangers, sont grevées, en pure perte pour le travail national, d'une charge qui ne profite à aucune autre branche d'industrie. On peut, sans doute, (voir § Ier, p. 120) produire de l'acier avec tous les fers : on pourrait même, en haussant encore le tarif, interdire de fait l'entrée des fers étrangers; mais ce système, à quelque degré qu'on l'applique, ne prouve nullement la qualité aciéreuse des fers indigènes. Il conduit nos usines à produire des aciers inférieurs dont la proportion croît en raison de la quantité de fer indigène qu'elles sont forcées de consommer. Les consommateurs d'aciers bruts et d'objets d'acier ne sont donc plus, eu égard à la qualité des produits, dans les mêmes conditions que les autres consommateurs de fers ouvrés; ils supportent à la fois les charges qui résultent du haut prix des objets, et les inconvénients souvent plus graves qui tiennent à leur mauvaise qualité. L'ouvrier français qui paye cher de mauvais outils, est dans des conditions doublement désavantageuses devant l'ouvrier anglais qui se procure, à bas prix, des outils d'excellente qualité : son infériorité résulte à la fois du plus haut prix de l'outillage, et des pertes de temps qu'entraîne forcément l'emploi d'outils défectueux. Si l'infériorité des fers à acier indigènes tient à des conditions que, jusqu'à ce jour, il n'a point été donné à l'homme de modifier, on ne peut vraisemblablement attendre du temps ni de la patience des consommateurs l'amélioration du régime actuel. En supposant que les fers à acier indigènes puissent tomber un jour au même prix que ceux du Nord; et que l'industrie française réussisse à les élaborer sous toutes formes, aussi bien et à un prix

aussi modéré que le peut faire l'industrie étrangère, le producteur et le consommateur d'aciers exclusivement indigènes, en raison de l'insuffisance de la matière première, ne s'en trouveront pas moins placés dans des conditions très-défavorables. Je ne puis mieux caractériser le genre d'infériorité qui pèsera toujours sur le plus habile fabricant d'acier opérant sur des fers défectueux, qu'en comparant celui-ci à un orfèvre qui prétendrait arriver, au moyen des métaux communs, aux mêmes résultats que ses confrères obtiennent avec les métaux précieux. Au point de vue de l'industrie, comme au point de vue de la science, les fers supérieurs de Suède diffèrent, à beaucoup d'égards, de tous les autres fers connus, autant que les métaux précieux diffèrent des métaux usuels(1). Un tel état de choses

---

(1) Ainsi que je l'ai déjà indiqué (voir § Ier, p. 125), c'est par suite d'une donnée technique complétement erronée que les meilleurs *fers à acier* de la Suède ont été jusqu'à ce jour classés par le tarif, sous la dénomination de *fers* : la science et l'industrie repoussent aujourd'hui cette assimilation. Si le progrès de la science conduisait à prouver que la qualité spéciale des fers de Danemora est due à la présence d'un principe particulier que la nature n'aurait déposé que dans ce gîte célèbre, on devrait très-logiquement, au point de vue du système protecteur, exempter de tout droit d'entrée une matière éminemment utile à l'industrie et qui n'existerait pas dans le sol du royaume. Cependant une telle découverte n'ajouterait rien à la force du fait scientifique et commercial, que j'ai mis en lumière ; quelle que soit la cause de la qualité des fers suédois, l'aptitude spéciale de ceux-ci est dorénavant constatée : les avantages que peut assurer à l'industrie d'un grand peuple l'élaboration de ces fers sont mis en évidence par l'exemple des aciéries et des fabriques anglaises, puisque celles-ci trouvent, dans une matière première valant environ 9 millions de francs, le point de départ d'une production

ne donne donc aux forges qui produisent le fer que de médiocres avantages; à beaucoup d'égards il empêche, sans profit pour aucune autre branche d'industrie, l'essor de nos aciéries; il grève, sans compensation pour l'industrie française, tous les travaux fondés sur l'emploi des outils d'acier, c'est-à-dire, les sources même de l'activité nationale. Dans ce siècle de concurrence industrielle, ce régime ne profite donc réellement qu'à l'industrie étrangère qui y trouve, en général, des éléments de supériorité; il offre principalement un avantage décidé aux aciéries et aux fabriques d'objets d'acier d'Angleterre et d'Allemagne, qui fournissent aux marchés neutres et à la France même, une foule de produits que nous pourrions fabriquer chez nous avec les fers à acier du Nord.

Ainsi, au point de vue des partisans les plus exclusifs du système protecteur, le tarif des fers, en ce qui concerne l'approvisionnement des aciéries de cémentation, ne peut être maintenu si les faits que j'ai signalés sont exacts; et pour motiver logiquement le maintien de ce qui existe, il faudrait prouver l'inexactitude de ces faits.

Argumentation opposée au principe de la réduction du tarif.

L'auteur d'une brochure (1) qui vient d'être récemment opposée à mon mémoire de 1843 n'a pas cru devoir suivre cette marche. Il se garde de contester d'une manière directe les faits qui selon moi

---

dont la valeur excède certainement 120 millions. Ces considérations permettent donc d'affirmer qu'il y a lacune et inconséquence dans le tarif actuel.

(1) Extrait d'un rapport de M. J. François, ingénieur des mines, à M. le ministre de l'agriculture et du commerce, sur la question d'importation des fers au bois du nord de l'Europe. — Moulins, 14 décembre 1845.

motivent la modification du tarif : l'argumentation qu'il adopte consiste à passer sous silence celle qui m'est propre, et à indiquer le plan que j'aurais dû suivre pour le convaincre. Selon lui, avant de proposer une modification au tarif, je devais d'abord démontrer qu'il ne nous serait pas possible de fabriquer un jour, en France, d'une manière économique, des fers à acier de qualité supérieure. Cette preuve n'ayant pas été produite, mon travail devrait être considéré comme non avenu, et il en serait de même de toute l'argumentation des deux honorables membres qui ont traité la question, dans le même sens, devant les deux chambres législatives. Dans ce système, on refuse donc de s'enquérir du passé : on veut que le débat porte essentiellement sur les faits qui se rattachent à l'avenir.

Cette argumentation est fondée sur des convictions et non sur des faits.

Je n'hésite pas à fournir de nouveaux arguments à la thèse qu'on vient soutenir, en déclarant que je ne puis la discuter : il ne me paraît pas, en effet, qu'il en puisse résulter aucune utilité pour la question qui préoccupe en ce moment l'attention publique. Je n'affirme ou ne conteste que lorsque je me crois en mesure de prouver : je ne me crois donc pas en droit de porter un jugement sur la conviction intime qui conduit l'auteur de la brochure que j'ai citée, à apprécier à sa manière l'avenir des forges françaises. Assurément, les études que j'ai faites sur le passé des aciéries françaises, les renseignements que je me suis procurés sur l'insuccès des tentatives faites depuis deux siècles par les Suédois, les Anglais et les Américains, pour créer de nouvelles sources de fer à acier, me conduisent à entrevoir cet avenir tout autrement

que lui. Toutefois, ces présomptions, ces convictions restent subordonnées aux éventualités imprévues que peuvent réserver à l'avenir le génie de l'homme et les volontés de la Providence. Je sais d'ailleurs que les convictions qui concernent l'avenir ne sont des arguments que pour ceux qui les partagent : c'est donc à dessein que dans mon premier mémoire, je me suis abstenu de traiter les questions que l'on soulève, et le travail qu'on vient opposer au mien ne fait que me démontrer la convenance de cette réserve. En basant là conclusion que l'on conteste sur un fait qui me paraît résumer avec une rigueur inattaquable l'expérience de deux siècles, je me suis proposé surtout de convaincre les personnes qui cherchent, dans des faits bien avérés, les motifs de leurs opinions ; je me suis moins préoccupé de l'assentiment des personnes qui préfèrent demander des inspirations à l'avenir. En résumé, je crois inutile de quitter le terrain des faits et de la réalité pour suivre l'auteur de la brochure dans le domaine des convictions et des hypothèses ; je maintiens que le passé offre tous les motifs d'une conclusion raisonnée, et que mon travail, non plus que l'argumentation des deux honorables membres du Parlement qui ont traité cette question, ne peuvent être atteints par la critique qui leur est adressée.

Si l'on s'était contenté d'opposer des convictions aux faits que j'ai avancés, je n'aurais eu ici qu'à exprimer le vœu que les espérances qu'on a émises puissent se réaliser. Mais aux assertions principalement fondées sur une conviction personnelle, on ajoute incidemment des motifs tirés de l'expérience du passé. Ces motifs, s'ils n'étaient réfutés, Réfutation des motifs tirés de l'expérience.

pourraient égarer l'opinion des personnes qui se préoccupent des faits : ils se prêtent par leur nature même à une discussion raisonnée ; je puis donc en apprécier la valeur.

Les motifs que l'auteur de la brochure emprunte à l'expérience du passé pour avancer que les forges françaises pourront produire un jour des fers à acier de qualité supérieure, se rattachent surtout aux études qu'il a faites en qualité d'ingénieur des mines pendant une longue résidence dans les Pyrénées. Il signale à plusieurs reprises, et en se tenant dans des généralités qui ne donnent guère prise à la discussion, les arguments que ces études lui paraissent fournir à la thèse qu'il soutient. Le seul fait explicite sur lequel il s'appuie est consigné dans le passage suivant :

« Je me suis souvent assuré, et des recherches » faites récemment aux forges de Quillan (Aude) » le confirment, qu'au prix actuel des charbons, » de 6 f. à 6 f. 50 par 100 kilog., on pouvait fa- » briquer à 45 f. des fers homogènes à cassure » grenue ou lamellaire, ayant les caractères exté- » rieurs que M. Le Play assigne aux fers recher- » chés dans le Yorkshire, pour la fabrication des » aciers supérieurs. On y arrive facilement soit par » la fonte soutenue et égale de minerais hématites » de choix, préalablement grillés ; soit par addi- » tion de fondants manganésés ; soit aussi par le » traitement de mélanges de minerai hydroxydé » de Rancié, et de l'oxydule magnétique de » Puymorens. Ce dernier moyen, que j'ai expéri- » menté sur des masses, a donné des produits re- » connus supérieurs, soit comme d'emploi immé- » diat, soit surtout comme fer propre à la cémen- » tation. »

Si l'auteur est en état de démontrer ce qu'il avance d'une manière aussi affirmative, il aura singulièrement nui à la thèse qu'il soutient, en plaçant cette assertion au milieu d'une argumentation qui ne lui donne point de relief, et surtout en oubliant d'en fournir la preuve.

Je n'admets pas en effet que l'on puisse trouver cette preuve dans l'assertion que les fers fabriqués à Quillan ont le caractère extérieur que j'assigne aux fers suédois supérieurs recherchés dans le Yorkshire. Ce caractère, qui ne peut être apprécié d'ailleurs qu'avec une connaissance approfondie de fers du Nord, est le moindre de ceux que j'ai assignés à ces fers : je ne leur ai reconnu qu'un caractère véritablement distinctif, c'est d'être cotés sur le marché de Sheffield à des prix qui ne varient, pour 100 kilog., qu'entre 69 et 87 fr., et qui, avec la surcharge du tarif, correspondraient, dans les aciéries françaises, aux limites de 87 et de 105 fr. Les personnes qui fabriquent le fer signalé à l'attention publique, doivent avoir quelque intérêt à constater que leurs produits jouissent de cette remarquable propriété, et on ne concevrait pas qu'elles différassent longtemps de s'éclairer sur ce point. Sans doute, on ne trouve pas encore en France les termes de comparaison que fournit l'élaboration des premières marques de Danemora ; mais ce serait déjà un grand point que de prouver que les fers de Quillan l'emportent sur les marques moyennes. Or, depuis l'année dernière, le fer de Danemora, coté à 69 fr. par 100 kilog. sur la place de Sheffield, commence à être employé dans une aciérie française, où le tarif en porte le prix à 87 fr. environ. D'un autre côté, ainsi qu'on le déclare expressément, le fer à acier supérieur

fabriqué dans l'Aude revient au plus à 45 fr. les 100 kilog. : ce fer, s'il possède les qualités qu'on lui attribue, a donc en France un placement assuré. Si les masses de fer supérieur qui se fabriqueront par les moyens qu'on vient de découvrir ne pouvaient immédiatement être employées sur le marché intérieur que le tarif a malheureusement restreint jusqu'à ce jour, elles pourraient provisoirement trouver un placement fort avantageux à Sheffield, où les aciéries sont librement ouvertes aux fers supérieurs de toute origine.

Le fait que l'on signale incidemment tranchera donc, dès qu'il aura été constaté, la question en litige contrairement à mes conclusions; mais en ce moment ce n'est qu'une assertion qui ne peut être admise dans une discussion basée sur des faits avérés.

Réfutation des motifs tirés de travaux récents sur la métallurgie des Pyrénées.

Quant aux motifs non explicitement désignés, que l'auteur de la brochure déduit de l'ensemble de ses travaux sur la métallurgie des Pyrénées, je ne pense pas qu'il y puisse trouver des arguments pour la thèse qu'il défend. Ces prétentions sont repoussées par des rapports officiels dont l'administration est saisie en ce moment, et qui constatent que, depuis 60 ans, l'art n'a point fait un pas dans les forges des Pyrénées. Il serait encore facile de réfuter cet ordre de motifs par une analyse de l'ouvrage où l'auteur a consigné, en 1843, les résultats de ses travaux (1). S'il devenait nécessaire de porter la discussion sur ce point, je serais en mesure de prouver que ces travaux n'ont point eu d'autres résultats que toutes les expériences entre-

(1) Recherches sur le gisement et le traitement direct

prises en France depuis un siècle et demi ; qu'en conséquence ils conduisent à une conclusion tout opposée à celle qu'on en prétend tirer. Toutefois, étant en mesure de relever par des preuves plus simples et non moins décisives les illusions que l'on paraît entretenir à cet égard, je pense qu'il y a convenance à négliger une preuve qui n'est point indispensable à la rectification des faits. Je me bornerai donc à opposer aux motifs fondés sur des travaux métallurgiques poursuivis depuis 12 ans, deux arguments qui me paraissent sans réplique.

Le premier argument m'est fourni par la conclusion même de l'ouvrage que je viens de citer. A la suite d'un paragraphe où sont signalés les défauts des fers pyrénéens, et les moyens qu'il propose d'employer pour y apporter remède, l'auteur compare, dans les termes suivants, la qualité de ces fers et celle des fers du Nord :

« L'emploi bien entendu de ces moyens facilitera, je crois, le développement que la fabrication des aciers cémentés pourra prendre avant peu, par suite de la construction des chemins de fer. Mais pour provoquer et maintenir un tel résultat, il y a des efforts à faire, car nous sommes loin encore des qualités que donnent à la consommation les fers du nord de l'Europe et de la Sibérie. S'il ne nous est pas encore permis de songer à rivaliser un jour avec les bonnes qualités, du moins sommes-nous autorisé à penser que bientôt il nous sera possible de lutter avec les bonnes marques ordinaires. »

Ce jugement est exactement celui que j'émet-

des minerais de fer dans les Pyrénées, etc. ; par M. J. François, ingénieur des mines. Paris, 1843.

tais à la même époque, en le précisant davantage et en le motivant d'une manière rigoureuse sur une comparaison de la valeur commerciale des fers provenant des Pyrénées et du nord de l'Europe. En mettant sur la même ligne les fers de Suède et de Sibérie, l'auteur indique clairement qu'il fait abstraction des fers de Danemora, qui en effet sont au-dessus de toute comparaison, et dont le prix s'élève à Sheffield jusqu'à 35$^{\text{liv.}}$ par tonne ou à 87 fr. par 100 kil. En déclarant que les fers pyrénéens ne peuvent songer à rivaliser un jour avec les bonnes qualités de Suède et de Sibérie, l'auteur ne pouvait parler que des fers de troisième rang, cotés aujourd'hui à 18$^{\text{liv.}}$ 10$^{\text{sh.}}$ la tonne ou à 47 fr. les 100 kil., puisque le prix des fers de Sibérie ne dépasse pas cette limite ; d'un autre côté, enfin, en émettant l'espoir qu'il sera bientôt possible aux fers pyrénéens de lutter contre les bonnes marques ordinaires, il ne peut faire allusion qu'aux meilleurs fers du Nord, importés pour certains usages spéciaux dans les ports de France, qui, en Angleterre, valent au plus 14$^{\text{liv.}}$ la tonne ou 36 fr. les 100 kil., et qui, venant après les fers à acier de cinquième rang, sont rarement employés pour la fabrication de l'acier. C'est précisément la place que les aciéries françaises, ainsi que je l'indiquais en 1843, assignaient alors, par leurs prix courants, aux fers pyrénéens. J'ai prouvé en effet, par la comparaison des prix courants de France et d'Angleterre, que les fers pyrénéens ne seraient payés en Angleterre que 34 fr. par les mêmes usines qui payent 87 fr. les meilleurs fers suédois ; tandis qu'en France les aciéries, qui payeraient 107 fr. ces derniers fers, n'offrent que 46 fr. pour les fers des Pyrénées.

Je suis donc en droit de demander à l'auteur comment il concilie son opinion de 1845 avec celle de 1843; comment il peut maintenant se croire fondé à affirmer que la qualité des fers pyrénéens l'emportera bientôt sur celle des fers du Nord de première qualité, lorsqu'il y a deux ans il n'osait espérer qu'ils pussent jamais atteindre la qualité des fers de troisième rang?

Le second argument m'est encore fourni par la conclusion même de la brochure à laquelle je réponds et dans laquelle on réclame le secours du gouvernement, en vue d'améliorer par des expériences la qualité des fers pyrénéens. Si, comme on croit pouvoir maintenant l'affirmer, la chaîne des Pyrénées recèle, pour la fabrication des aciers supérieurs, des ressources inconnues à toutes les autres contrées, il paraîtra inexplicable à tout le monde que depuis plus de dix siècles, au cœur de l'Europe civilisée, on n'ait pu arriver aux résultats qui en moins de deux siècles ont été obtenus au milieu des forêts polaires de la Suède et de la Sibérie; on ne comprendra pas davantage qu'aujourd'hui l'industrie privée, à qui des travaux récents ont révélé de faciles moyens de succès, se montre impuissante à réaliser des améliorations auxquelles elle est si vivement intéressée. En venant dans de telles conditions réclamer l'assistance du gouvernement et des expériences officielles, on donne la mesure des espérances qui se peuvent fonder sur les résultats obtenus jusqu'à jour.

De simples convictions ne peuvent autoriser les assertions opposées à la réforme du tarif.

Je constate donc qu'il n'y a, dans la brochure à laquelle je réponds, aucun fait d'où l'on puisse conclure que la chaîne des Pyrénées doive produire à l'avenir, plus que par le passé, des fers à acier

comparables à ceux des fers du Nord, qui depuis deux siècles assurent la supériorité des aciéries anglaises. La question reste donc exactement au point où elle se trouvait avant la publication de cette brochure, pour toutes les personnes qui se préoccupent des faits et non des convictions. Je ne conteste nullement, toutefois, l'autorité qu'on peut très-justement accorder aux convictions d'un homme spécial qui s'est livré pendant longtemps à l'étude des faits; mais je pense aussi que la personne qui revendique cette autorité en doit user avec une certaine réserve, et qu'elle n'y peut trouver de motifs suffisants pour affirmer que tout est mal dans le système que je recommande, que que tout est bien dans celui qu'elle préfère. Cette thèse excessive, que l'on défend sans se préoccuper des faits, conduit, par exemple, à émettre les assertions que je vais rapporter et qui se réfutent l'une l'autre par leur simple rapprochement.

Voulant d'abord démontrer que la France possède toutes les ressources nécessaires pour fabriquer, avec des matériaux indigènes, des aciers de qualité supérieure, qu'à cet égard elle n'a nullement besoin de recourir aux pays étrangers, et qu'au contraire elle leur fournira prochainement des qualités supérieures à celles qui sont connues jusqu'à ce jour, l'auteur de la brochure croit pouvoir présenter au public les assertions suivantes :

Dans le groupe des Pyrénées, « on traite directement des minerais spathiques, des mines » noires, des fers hydroxydés manganésifères qui » ne le cèdent en rien, sous le rapport de la ri» chesse et de la pureté, aux meilleures variétés » exploitées dans les groupes à acier des Alpes et » du Rhin. Le seul gîte de Rancié (Ariége) pré-

» sente des ressources fort importantes en minerai » d'une pureté soutenue jusqu'ici sans exemple.

» .... On connaît également..... les gisements de fer oxydulé de Puymorens, dont la richesse et la pureté permettent de le rapprocher » des minerais de qualité supérieure de la Suède...

» ...... On le voit, sous le rapport de la variété, » de la richesse, de la pureté et de l'abondance des » minerais, il est peu, s'il n'est peut-être pas, de » groupe métallurgique aussi richement doté et » qui permette de réaliser plus de progrès dans la » fabrication, non-seulement des fers pour acier de » cémentation de toutes qualités, mais aussi de » fontes fines pour aciers de forge.

» .... On reproche à ces fers (les fers pyrénéens) l'inégalité de leur pâte, les cendrures » et les pailles. Dans un travail spécial sur le traitement direct du fer, nous avons indiqué les » moyens de parer entièrement à ces inconvénients...., aussi est-ce à tort que l'on a contesté » au traitement direct la possibilité de réaliser la » production économique des qualités supérieures..

» .... Je suis convaincu que nous arriverons ainsi » facilement à la production économique et plus » que suffisante des fers de qualités supérieures » et variées pour la cémentation, aussi bien que » pour l'agriculture, pour les machines, etc....

» De notables progrès sont facilement réalisables; ils nous conduiront à produire à bas prix » de 32 à 36 fr. des qualités qui manquent à la » France, et, je crois pouvoir l'avancer, des variétés supérieures de fer que ne donne peut-être » aucun groupe métallurgique connu....

» On le voit, nous avons les moyens d'arriver » dans de bonnes conditions, à l'équilibre entre la

» production et la consommation intérieure, sans » faire un appel aux pays étrangers. Nous pouvons, » je crois, aller au delà et prendre un jour une » part active au commerce d'exportation par la » fabrication d'outils d'acier pur, etc. »

Le tableau des ressources propres aux forges indigènes change tout à coup dès que l'on se préoccupe de signaler les inconvénients qu'entraînerait la modification du tarif, en ce qui concerne les fers à acier du Nord. Les forges au bois auxquelles, dans la thèse opposée, on assigne tant de motifs de supériorité, ne peuvent plus ici conserver même l'espoir de subsister : la suppression du tarif pour les seuls fers étrangers que réclament nos aciéries serait pour nos forges au bois un arrêt de mort; une simple réduction de ces droits leur serait funeste. La démonstration de ces assertions est surtout basée sur de longs calculs qui ne se prêtent point à l'analyse; ceux-ci d'ailleurs sont eux-mêmes fondés sur des chiffres qui, se rapportant tous à un avenir inconnu, ne peuvent être admis dans une discussion sérieuse. Je me borne en conséquence à y renvoyer le lecteur, qui reconnaîtra aisément que l'on ne s'arrête pas plus dans cette direction d'idées qu'on ne l'avait fait dans la direction inverse.

Enfin, on n'accorde même pas que la modification du tarif aurait les avantages qui semblent devoir en résulter de la manière la plus immédiate; ainsi, le prix des fers du Nord ne baisserait pas sensiblement sur le marché français, parce que les fabricants étrangers dont les prétentions augmenteraient immédiatement, profiteraient presque exclusivement du changement effectué; le consommateur n'aurait pas les aciers à

plus bas prix; de nouvelles aciéries ne s'élèveraient pas sur ceux de nos bassins houillers qui, comme ceux du Yorkshire, sont à proximité des ports les mieux placés pour recevoir à bas prix les fers du Nord, et, dans une bonne économie sociale, ce résultat n'est même pas désirable; les Anglais ne permettront pas à nos fabricants d'acheter les meilleurs fers suédois; la qualité de nos aciers ne gagnerait rien à la mesure proposée qui n'aurait d'autre résultat que de substituer de mauvais fers du Nord à nos mauvais fers indigènes, etc.

Les assertions opposées à la réforme du tarif sont elles-mêmes contradictoires.

Les personnes qui ont basé leur opinion et leurs paopositions sur des faits qui résultent de l'expériences de deux siècles, ne sont-elles pas en droit de représeuter à l'auteur que ses convictions l'entaaînent trop loin et qu'il lui serait vraisemblablement difficile de concilier, avec les règles de la logique, ces trois séries d'assertions? Si un seul groupe de forges françaises est plus riche en minerais de fer à acier que tout autre groupe de l'Europe; s'il est facile d'y fabriquer à bas prix des qualités de fer supérieures à toutes celles qui sont produites dans les pays étrangers; comment une simple diminutiou du droit d'entrée sur les fers à acier du Nord pourrait-elle frapper toutes les forges au bois de la France qui, produisant 1.033.000 q. m., ne livrent à la consommation des aciéries que 25.500 q. m.; comment surtout pourrait-elle anéantir jusqu'aux forges qui, dans les groupes des Pyrénées, produisent les 77.527 q. m. de fers que le tarif continuera à protéger? Comment, en second lieu, cette même éventualité serait-elle à craindre, si les conséquences les plus probables de la mesure proposée, et, par exemple,

une diminution notable dans le prix de la matière première des aciéries, ne doivent pas se réaliser?

La question reste dans l'état où elle était il y a un siècle.

J'ai démontré que l'on n'a point de faits à opposer à ceux qui ont motivé les propositions que M. Victor Lanjuinais et M. le lieutenant général Despans-Cubières ont présentées aux deux chambres législatives, et que la plupart des assertions que l'on tire de convictions personnelles ne peuvent être utilement introduites dans le débat. J'en conclus qu'en proposant la réforme du tarif des fers à acier, j'ai pu, sans dénigrer les fers indigènes et sans encourir le reproche de précipitation, omettre les considérations dont se préoccupe l'auteur de la brochure; que nonobstant cette publication, la question reste exactement dans les termes que j'ai posés en 1843, comme on aurait pu le faire un siècle plus tôt. A cette occasion, je présenterai un simple rapprochement de faits aux personnes qui sont disposées à tirer enseignement des faits passés. Comme Gabriel Jars, et après un intervalle d'un siècle environ, j'ai eu mission d'étudier successivement, en Grande-Bretagne et dans le nord de l'Europe, la métallurgie du fer et de l'acier. Sur tous les points qui servent de base à la question en litige, j'ai constaté exactement les mêmes faits que ce savant métallurgiste avait lui-même observés. Seulement ces faits avaient acquis une nouvelle importance, un nouveau relief : les fers de Danemora, dont la supériorité, par rapport aux autres fers à acier, se mesurait alors par un excédant de valeur de 15 pour 100, l'emportent aujourd'hui de 100 pour 100 sur tous les fers connus; les aciéries anglaises qui commençaient seulement leur lutte contre les aciéries alleman-

des, n'ont plus de rivales aujourd'hui sur tous les marchés neutres, pour les produits que recherche particulièrement l'industrie moderne. Cependant la même opposition qui s'éleva contre les faits observés par Jars, ou plutôt contre l'application de leur conséquence logique, vient de se reproduire contre les conclusions naturelles de mes propres observations. Aujourd'hui, comme il y a un siècle, cette opposition se fonde, non sur des faits, mais sur des convictions : et cela est si évident que l'ingénieur qui combat, aujourd'hui, l'une des conclusions de mon mémoire de 1843, constatait, à la même époque, comme je le faisais moi-même, l'infériorité flagrante des fers indigènes, c'est-à-dire, le fait fondamental sur lequel cette conclusion est fondée. Le paragraphe que j'ai rapporté précédemment (page 283), motive lui-même logiquement, comme le fait mon propre mémoire, la modification du tarif des fers à acier.

Si depuis 1843, l'industrie indigène, stimulée tout à coup par les propositions adressées aux chambres, était déjà parvenue, comme on l'affirme, à se placer au premier rang dans une carrière où pendant un siècle et demi elle n'avait pas fait un pas, tout le monde assurément applaudirait à ce résultat imprévu; mais personne, je l'espère, ne serait disposé à y trouver, contre l'opportunité de mon premier mémoire, une sorte d'argument rétroactif. Je serais fondé à représenter que la vérité proclamée par deux honorables membres du parlement et par moi-même, aurait été plus utile que toutes les louanges officielles, et que nous aurions quelque droit de réclamer une part dans cette brillante conclusion de l'histoire de nos aciéries.

Motif à opposer à la réforme immédiate du tarif.

Je me suis proposé dans ce mémoire de répondre aux critiques qui m'ont été directement adressées, et de rectifier plusieurs faits essentiels qui avaient été dénaturés. Je ne pense pas qu'il convienne d'aller au delà : sur tous les points qu'il n'était pas indispensable de traiter, je crois devoir garder la même réserve qu'en 1843. Un fait technique et un fait commercial que j'ai signalés dans mon premier mémoire, dominent de très-haut toute cette question : nonobstant quelques protestations partielles et indirectes que je crois avoir réfutées, ces faits restent entièrement acquis à la discussion : ils me paraissent logiquement motiver la proposition en litige, pour toutes les personnes qui ne veulent pas que les grands intérêts restent subordonnés aux petits ; qui s'inquiètent plus des opinions basées sur une expérience de deux siècles que des convictions intimes relatives à l'avenir. A un point de vue moins élevé, on peut sans doute se préoccuper d'intérêts fort respectables, et soulever sans s'écarter du sujet, une multitude de questions secondaires ; mais je ne crois pas devoir les aborder ici. On ne traitera jamais par écrit toutes les questions qui se rattachent à une modification du tarif. Dans de telles discussions, il faut toujours s'adresser à la raison et non aux convictions : il faut donc fournir la preuve de toutes les assertions qu'on avance, et tout écrivain qui veut être fidèle à ce système sent bientôt la nécessité de borner le sujet qu'il embrasse. Tout mémoire où l'on aura la prétention de traiter toutes les questions sera parfaitement inutile, car procédant forcément par assertions, il ne prouvera rien et ne persuadera par conséquent que ceux qui sont déjà convaincus.

D'ailleurs, au point où la question est parvenue aujourd'hui, et en présence des faits exposés dans ce mémoire, les adversaires de la réforme du tarif nuiraient, ce me semble, à la thèse qu'ils soutiennent en insistant plus longtemps sur les objections secondaires qu'ils ont soulevées. Celles-ci en effet devraient forcément tomber si l'on renonçait à l'espoir de trouver dans le sol du royaume les premiers éléments de la fabrication des aciers fins. Les défenseurs du tarif actuel doivent donc s'attacher surtout à démontrer qu'il y a espoir fondé de fabriquer avec des minerais indigènes des fers à acier de qualité supérieure. C'est seulement sur ce terrain qu'ils peuvent obtenir le concours et les sympathies des personnes ayant mission de faire prévaloir l'intérêt public. Mais pour atteindre ce résultat, il faut renoncer à ces vagues promesses de progrès que dément l'expérience acquise jusqu'à ce jour, et présenter enfin un plan rationnel d'améliorations, conforme aux indications de la métallurgie, et aux ressources connues du territoire. Tant qu'un pareil projet, appuyé des moyens d'exécution, n'aura point été produit, on sera en droit de soutenir que le régime actuel sacrifie à une éventualité très-incertaine, les avantages assurés que fournirait la réforme immédiate du tarif.

Ecueils à éviter dans le système des expériences officielles.

Si les personnes qui ont qualité pour diriger cette grave question croyaient trouver, dans les assertions émises jusqu'à ce jour, des motifs suffisants pour maintenir le tarif et pour rentrer immédiatement dans la voie des expériences officielles, j'oserais leur conseiller de se mettre en garde contre les déceptions qui se sont succédé sans in-

terruption depuis un siècle et demi. Le passé peut, ce me semble, signaler les écueils qu'il faut éviter à l'avenir. Si l'on ne prend quelques précautions pour soumettre les faits observés à une vérification concluante et rigoureuse, les personnes chargées de diriger les expériences retomberont infailliblement, même avec la meilleure foi du monde, dans des illusions dont le temps doit enfin avoir fait justice, et qu'il serait puéril d'admettre à l'avenir comme des faits avérés; on verra produire encore des fragments de barres, quelques outils qui seront essayés avec solennité à la satisfaction des assistants, et qu'on présentera comme pièces de conviction aux administrations et aux autorités; chaque année ces prétendus succès feront naître de nouvelles expériences; chaque année aussi de nouveaux progrès seront constatés : mais cette petite industrie officielle restera sans résultat pour la grande et sérieuse industrie; tout au plus profitera-t-elle aux expérimentateurs qui y trouveront temporairement une facile renommée, et aux intérêts qui croient devoir désirer l'immobilité des tarifs. On ne peut donc raisonnablement reprendre le système des expériences officielles sans offrir quelques garanties à l'intérêt public.

Le succès des expériences n'est ni infaillible, ni même facile.

Je recommanderais en premier lieu de ne pas commencer ces tentatives avec la conviction que le succès en est à la fois infaillible et facile. L'histoire des deux derniers siècles prouve que la fabrication des fers à acier de qualité supérieure est un problème très-épineux : elle conseille par conséquent d'assurer aux personnes qui seront chargées de cette mission, de larges allocations d'argent et le temps nécessaire pour que les résultats

se puissent produire. Sous ce rapport, les personnes qui affirment aujourd'hui que la réussite des essais est assurée, qu'elle est presque obtenue, me semblent compromettre beaucoup la cause qu'elles défendent, dans le cas même où elles ne se feraient pas illusion sur le résultat définitif.

Deux propositions, à ma connaissance, ont été présentées au gouvernement : l'une, consignée dans la brochure dont il a été question précédemment, concerne l'amélioration de la qualité des fers pyrénéens; l'autre, relative aux mines de fer récemment découvertes en Algérie, est consignée dans un rapport qui a été dernièrement communiqué par M. le ministre de la guerre à M. le ministre des travaux publics.

Expériences sur les forges catalanes.

J'ai prouvé que les assertions émises touchant l'avenir brillant réservé aux mines de fer de la chaîne des Pyrénées, ne se peuvent appuyer sur aucun fait emprunté à l'expérience du passé; qu'elles n'ont en définitive pour base que des convictions intimes dont je ne veux en rien contester la valeur, mais qui, à la rigueur, pourraient n'être que des illusions. Je rappelle que rien ne confirme l'efficacité attribuée aux études et aux recherches poursuivie depuis douze ans sur la métallurgie des Pyrénées; que, sur tous les faits essentiels, l'art y est resté jusqu'à ce jour exactement au point où il avait été porté il y a soixante ans. Si donc on se décide à entreprendre des expériences dans le but de fabriquer, dans les Pyrénées, des fers égaux en qualité ou supérieurs aux meilleurs fers de Suède, il me paraît prudent de n'admettre qu'avec une certaine réserve les convictions qu'on a récemment émises; de tenir compte plutôt de l'opinion qu'on

publiait sur ce point en 1843; d'agir enfin comme si le problème était fort difficile, et de déterminer en conséquence les moyens d'action à fournir aux personnes qui seront chargées de le résoudre.

Expériences sur les minerais de fer de l'Algérie.

Le rapport relatif aux mines de l'Algérie constate que de riches et puissantes mines de fer oxydulé magnétique existent à proximité de divers points du littoral; que plusieurs de ces gîtes sont également situés dans le voisinage d'abondantes forêts; qu'il y existe en un mot tous les éléments d'une importante fabrication de fer. Je ne connais point les localités; je n'ai aucune raison de douter de ces faits : je les tiens donc pour avérés. Mais ce rapport, en se fondant sur des analyses chimiques et sur des rapprochements minéralogiques, croit pouvoir établir qu'il y a *identité* entre les minerais algériens et les meilleurs minerais suédois, et qu'en conséquence il est certain que l'Algérie peut fournir au commerce des fers à acier égaux en qualité aux meilleurs fers de Suède. L'affirmation est si précise, le fait de l'identité absolue des minerais est si bien admis comme un axiome, que l'auteur ne croit devoir soulever contre la certitude du succès, qu'un seul doute qu'il écarte immédiatement : il remarque que la nature des bois qui fourniront le charbon nécessaire au traitement métallurgique est le seul point par lequel les forges de l'Algérie différeront des forges suédoises qui produisent le fer à acier. Pour tous les points secondaires de la question, je laisse au lecteur le soin d'apprécier la justesse de l'assimilation faite entre l'Algéric et la Suède. Je me bornerai sur le fait principal, celui de l'identité des minerais, à présenter les doutes que suggèrent

les faits exposés dans le premier paragraphe de ce mémoire.

Les métallurgistes les plus distingués, les chimistes les plus éminents, ont vainement tenté en Suède de constater la cause qui donne à certains minerais une aptitude si prononcée pour la fabrication du fer à acier; je ne sache pas que l'on ait été plus heureux dans d'autres contrées : c'est donc gratuitement qu'on est venu déduire de l'analyse chimique l'assertion que les minerais de l'Algérie pourraient produire du fer à acier. La plupart des minerais de fer à acier du Nord sont, à la vérité, essentiellement composés de fer oxydulé magnétique; mais on ne doit nullement en conclure que la propriété aciéreuse résulte de la combinaison chimique qui constitue cette espèce minérale : toutes les analogies, toutes les indications de la métallurgie se réunissent au contraire pour motiver la conclusion opposée. Le nombre des gîtes de fer oxydulé avec lesquels on a tenté depuis un siècle surtout, en Suède, en Norwége, dans l'Amérique du Nord, dans l'Inde, etc., de fabriquer du fer à acier, est beaucoup plus grand que le nombre des gîtes qui se montrent propres à cette fabrication dans le nord de l'Europe : ce seul fait restreindrait singulièrement la probabilité de l'identité que l'on signale. Si l'on considère d'ailleurs que la propension aciéreuse n'est réellement prononcée que dans une huitaine de gîtes de la chaîne scandinave et dans deux gîtes de l'Oural, on peut très-bien soupçonner que la qualité aciéreuse résulte d'une cause générale qui s'est manifestée çà et là lors de la formation des dépôts ferreux de ces chaînes métallifères, et non d'une

L'identité signalée entre les minerais suédois et algériens est une hypothèse sans fondement.

cause qui serait intimement liée à la production des minerais oxydulés magnétiques. Les minerais de fer composés d'hydroxyde de fer, de fer oligiste et de fer carbonaté spathique, qui possèdent, dans l'Oural et en Scandinavie, la propriété aciéreuse à un degré remarquable, motivent cette manière de voir; et si ces gîtes semblent faire exception parmi les mines de fer à acier, c'est que leurs espèces minérales constituantes ne se présentent elles-mêmes qu'exceptionnellement dans ces chaînes métallifères. Enfin, pour faire apprécier l'étendue des espérances que l'on peut fonder *à priori* sur la possession de minerais magnétiques qui n'ont point encore été éprouvés, j'ajouterai qu'en Suède même, dans les régions où le sol est littéralement criblé de gîtes de minerais magnétiques, la propriété aciéreuse ne se manifeste que très-rarement et çà et là, au milieu de minerais qui en sont dépourvus; que nulle part la distribution, pour ainsi dire capricieuse, de cette qualité n'est plus frappante que dans la mine même de Danemora. Là, sur un espace de quelques hectares, avec toutes les conditions d'identité que peuvent donner la même origine, la même composition minéralogique, et jusqu'à la contiguïté des masses de minerai, une expérience de deux siècles à mis en évidence des différences de qualité tellement prononcées, que la valeur des fers fabriqués avec les diverses portions de ces masses varie en Yorkshire entre 50 et 87 fr.

L'étude des faits autorise donc à représenter que les assertions émises au sujet de la haute qualité aciéreuse des minerais de l'Algérie n'ont point de base sérieuse. Il n'est pas certain, tant s'en faut, que les minerais de l'Algérie puissent donner des

fers à acier égaux aux meilleurs fers de Suède: toute assertion de ce genre est donc regrettable, car elle doit égarer l'opinion publique et nuire à la vérité qu'il importe de mettre en lumière. Le résultat qu'on a annoncé si affirmativement est sans doute possible, et l'on peut, par conséquent, y accorder une sérieuse attention; mais les faits connus jusqu'à ce jour autorisent à affirmer qu'il est peu probable.

Direction à donner aux expériences qu'on propose d'entreprendre.

J'ai dû repousser les exagérations à l'aide desquelles on prétend garantir le succès des expériences proposées; mais, ainsi que je l'ai déjà dit, je n'ai rien à objecter contre le principe même de ces recherches. Des essais métallurgiques judicieusement exécutés offriraient un véritable intérêt; et s'ils ne sacrifiaient pas à un avenir éventuel, les avantages certains que la réforme du tarif assurerait immédiatement aux aciéries françaises, ils obtiendraient l'assentiment général. Si, par exemple, après avoir placé ces aciéries dans des conditions normales de développement, on poursuivait les expériences au moyen de fonds fournis par le trésor public, il n'y aurait à tous égards que des avantages à en attendre. Au reste, quelles que soient les conditions dans lesquelles les expériences seront entreprises, il conviendrait de ne les point borner aux minerais des Pyrénées et de l'Algérie: il faudrait comprendre dans ce système de recherches, les minerais qui fournissent depuis un temps immémorial des fers classés au premier rang sous le rapport de la malléabilité. C'est surtout en multipliant les chances qu'on pourrait se flatter de tirer profit du nouveau temps d'épreuve imposé aux aciéries indigènes, et de produire quelques-unes de

ces nombreuses variétés de fer que réclame une vaste fabrication d'acier. Convenablement dirigées, et poursuivies avec persévérance, ces expériences auraient certainement une haute utilité scientifique; il y a lieu d'espérer qu'elles fourniraient aussi quelques résultats pratiques; qu'elles conduiraient au moins à fabriquer, comme on le fait en Angleterre, ces qualités de fer remarquables par leur pureté que les aciéries emploient avec succès principalement pour la fabrication des ressorts de voiture, des limes communes, etc.

Contrôle à établir sur les résultats des expériences.

Le second point sur lequel je crois devoir particulièrement insister, est la convenauce de soumettre à une épreuve véritablement concluante les fers qui résulteront des expériences officielles : or, à cet égard, je ne connais d'autre moyen que de réaliser, dans les conditions commerciales, les faits qu'on veut constater. Il ne peut plus être permis aujourd'hui de s'exposer aux déceptions dont les expériences de Réaumur, de Grignon, de Nicolas, de Duhamel, etc., ont été l'occasion. Il faut que les fers à essayer soient élaborés en grand dans des aciéries dont le travail régulier sera fondé en partie sur l'emploi des meilleurs fers de Suède, afin que les nouveaux produits soient réellement comparés aux types les plus parfaits que l'on connaisse jusqu'à ce jour. La valeur du résultat se mesurera par le prix que les aciéries offriront pour le fer qu'elles auront essayé.

Libre admission des fers coloniaux.

Deux conditions indispensables doivent être remplies pour que ces épreuves conduisent sûrement aux résultats qu'on en doit attendre. Il convient en premier lieu que les producteurs de fers à acier soient en communication facile et même dans une

sorte de contact intime avec les fabricants d'acier; car ce sont les observations de ces derniers qui pourront le mieux contribuer à faire rectifier les défauts que les premiers essais mettraient en évidence. Il faut donc que le marché français soit librement ouvert à tous les fers de l'Algérie et des autres colonies. Les minerais coloniaux, n'ayant jamais été essayés, présentent évidemment plus de chances que ceux de la métropole, pour une découverte imprévue : à cet égard, on ne peut mieux faire que de suivre le système où l'Angleterre entrait dès le commencement du dernier siècle, ce qui revient, au reste, à reprendre les traditions de l'ancienne monarchie, de la révolution et de l'empire. La libre entrée de tous les fers coloniaux est le premier encouragement que l'on doive donner à la fabrication qu'on espère créer en Algérie, et l'on ne concevrait pas que les personnes qui veulent entrer dans la voie des expériences pussent faire à l'adoption de cette mesure la moindre objection. Quelque système qu'on adopte, au reste, à l'égard du tarif imposé à l'entrée des fers étrangers, je ne comprendrais pas que, dans l'état actuel de l'industrie métallurgique et du commerce des fers, on différât plus longtemps de compléter par cette réforme les actes d'administration publique qui ont récemment concédé des mines en Algérie.

Libre admission des fers à acier suédois, classés hors ligne dans le commerce.

Il faut en second lieu, pour que la comparaison soit exacte et féconde en résultats, que les aciéries où se feront les essais des nouveaux fers, soient largement pourvues de tous les types de fers à acier qui ont permis aux aciéries anglaises d'établir, par tout le monde, la suprématie de leurs produits. Or, jusqu'à ce jour, les aciéries de Sheffield présentent

seules ces conditions : ce sont elles qui reçoivent exclusivement les marques qui se distinguent le plus par leur propension aciéreuse et par leur pureté ; c'est donc à Sheffield seulement qu'on pourrait faire constater maintenant la qualité réelle des fers que fourniront les expériences. On pourra, il est vrai, ne pas tout d'abord viser à de si hautes comparaisons, et se borner à rapprocher les premiers fers produits, des marques suédoises fort estimables qui commencent à pénétrer en France; mais pour éviter de recourir plus tard à l'intervention des aciéries de Sheffield, il conviendrait d'assurer immédiatement aux aciéries françaises les moyens de concourir avec les fabricants anglais à l'achat des fers qui doivent être pris comme terme de comparaison. Il faut donc admettre immédiatement en franchise de droits les fers suédois qui, par leur propension aciéreuse et leur pureté, sont universellement regardés comme des types auxquels aucun autre fer connu ne saurait être égalé. Je ne présente ici cette mesure que comme la conséquence logique du système des expériences officielles. Comprenant la nécessité de borner ici mon travail, je passe sous silence les autres considérations qui, en tout état de choses, motivent ces deux modifications du tarif actuel.

Les fers que je proposerais d'admettre seuls en franchise de droits, jusqu'à ce que l'opinion fût fixée sur les résultats des expériences officielles, seraient les suivants :

1° Les fers de Danemora, qui, avec un haut degré de pureté, l'emportent sur tous les fers connus par leur propension aciéreuse, et qui valent à Sheffield de 50 à 87 fr. les 100 kilog. (Voir le tableau § Ier,

page 134) et dont la production totale monte à . . . . q.m. 45.822

2° Les fers de Persberg, Langban et Arendal, qui, avec un haut degré de propension aciéreuse, l'emportent par leur pureté sur tous les fers connus : savoir, les fers de Bäckeforss, Lesjöforss, Næs et Laurwig qui valent à Sheffield, 45f,88 les 100 kilog., et dont la production totale annuelle monte à 18.315

Total. . . 64.137

Avant de quitter ce sujet, je crois utile de rapporter un fait qui montre toute la gravité des erreurs que le gouvernement est exposé à commettre lorsqu'il adopte les résultats d'expériences officielles, sans les soumettre préalablement à un contrôle plus rigoureux que ne peut l'être la conviction des personnes chargées des expériences.

Exemple des erreurs que peuvent entraîner les expériences officielles.

On lit le passage suivant, dans l'ouvrage relatif à la métallurgie des Pyrénées, que j'ai eu déjà occasion de citer (page 282).

« M. J.-M. Garrigou, fondateur des aciéries du » Basacle et du Saut-du-Tarn, a corroyé dans les » mêmes conditions de l'acier d'Allemagne et de » l'acier cémenté de l'Ariége. Le premier se dé» carbura entièrement après 23 corroyages, tandis » que celui de l'Ariége en supporta 32. Cette ex» périence bien constatée détermina, sur le rap» port de M. Chaptal, augmentation dans les » droits d'importation des aciers allemands et an» glais. »

Je commence par déclarer que je ne mets ici en doute la bonne foi de personne; mais j'affirme

que l'expérience a été mal faite et qu'elle a conduit à une conclusion entièrement fausse. Il est sans doute extrêmement difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, de porter un jugement complet sur les aciers des diverses origines, et en particulier sur les caractères distinctifs des aciers naturels et des aciers cémentés. Mais s'il y a un fait évident à établir dans une telle comparaison, c'est que les bons aciers naturels d'Allemagne l'emportent sur tous les aciers cémentés, par la persistance de la propriété aciéreuse sous l'influence d'une série de chaudes successives. J'affirme que toute expérience bien faite démontrera, sous ce rapport, la supériorité incontestable des aciers du Rhin et des Alpes sur tous les aciers cémentés connus, et par conséquent sur ceux des Pyrénées. Si donc le tarif actuel a été fixé dans les circonstances indiquées ci-dessus, je n'hésite pas à dire que cette grave mesure a été basée sur un fait matériellement faux.

Fixation d'une limite pour la durée des expériences.

La dernière garantie que je réclamerais enfin, dans l'intérêt public, si on se décide à adopter le système des expériences, aurait pour objet de fixer à l'avance, pour la durée des expériences, un délai assez long pour que les résultats puissent largement se développer, assez rapproché pour que le système des expériences ne soit pas le système de la prolongation indéfinie du tarif actuel. Chaque année, d'ailleurs, on devrait constater, avec toutes les précautions convenables en pareille matière, les résultats obtenus. Il ne faudrait pas oublier en effet que les producteurs et les consommateurs d'aciers bruts et d'objets d'acier supporteront en définitive la plus grande partie des charges imposées

au pays par le régime des expériences; et s'il devenait bientôt évident qu'il n'en doit rien résulter, l'opinion pourrait revenir en temps convenable au régime que je propose d'adopter immédiatement.

Les faits exposés dans ce mémoire et dans celui que j'ai publié en 1843, prouvent que les aciéries françaises ne peuvent se développer convenablement dans la situation qui leur a été faite par les lois de douane de la restauration. Ceux qui en poursuivant ce débat veulent surtout mettre fin à l'infériorité dans laquelle les aciéries françaises sont restées jusqu'à ce jour n'ont à choisir qu'entre deux systèmes : ils doivent, ou réformer immédiatement le tarif, ou mettre les adversaires de cette réforme en demeure de fabriquer avec des minerais indigènes des fers à acier de qualité supérieure. Chacun dans le choix du système à suivre obéira à ses convictions ou aux tendances de son esprit. Direction à donner aux débats ultérieurs.

Les personnes qui se préoccupent de développer en France la fabrication de l'acier et qui veulent aller directement au but par les moyens qu'enseigne l'expérience de deux siècles, doivent réclamer la libre admission des fers destinés à la fabrication de l'acier, et de ceux qui pourront être produits dans les colonies françaises.

Les personnes qui considèrent surtout l'intérêt national très-évident qu'il y aurait à produire en France ou dans les colonies françaises des fers à acier de qualité supérieure, et qui ne veulent négliger aucune chance, quelque faible qu'elle soit, d'arriver à ce résultat, peuvent logiquement recommander le système des expériences officielles; mais pour être conséquentes avec elles-mêmes, il faut qu'elles réclament en même temps les ga-

ranties et les moyens de succès qui ont été précédemment signalés.

S'il existait une troisième classe de personnes qui, repoussant, au nom de l'intérêt public, la libre admission des fers à acier, éviteraient une discussion loyale où cet intérêt pourrait être mis en évidence; qui, appuyant en apparence les savants convaincus de l'utilité des expériences, refuseraient de leur accorder de convenables moyens d'action, on serait fondé à dire que, pour ces personnes, le tarif actuel est une sorte d'arche sainte à laquelle il est interdit de toucher; et il serait à regretter, pour le progrès de cette polémique, qu'elles n'eussent ni la franchise de leur désir ni le courage de leur opinion.

RECHERCHES

Sur la composition chimique de quelques minéraux.

Par M. Achille DELESSE, Ingénieur des mines.

I. HAYDÉNITE.

La haydénite est un minéral jusqu'à présent fort rare qui a été décrit pour la première fois par le docteur Hayden, puis par Cleveland, et dont l'étude a été reprise par M. Lévy.

M. Brongniart, ayant bien voulu mettre à ma disposition un échantillon de la collection du jardin du roi provenant de Baltimore aux États-Unis, j'ai essayé d'en déterminer la composition chimique. Quoique la petite quantité de haydénite que j'ai pu extraire, son impureté et surtout son état avancé de décomposition, ne m'aient pas permis d'établir la formule chimique, je vais cependant faire connaître le résultat de mes essais, qui permettent en tous cas de classer ce minéral.

La haydénite est engagée dans une roche de quartz dans laquelle elle se trouve avec de l'amphibole noire, de la beaumontite et de la pyrite de fer en cubes ou en dodécaèdres.

Les cristaux sont généralement recouverts d'une petite croûte d'un vert sale qui peut être facilement enlevée avec la pointe d'un canif, et au-dessous de laquelle apparaissent alors des faces parfaitement nettes. J'avais pensé d'abord que cette

croûte provenait de ce que les cristaux avaient été attaqués par l'acide sulfurique résultant de la décomposition des pyrites; mais j'ai constaté que cette matière verte ne contient pas de traces d'acide sulfurique, et les pyrites ne sont nullement altérées : cette décomposition est donc due à l'action de l'air sur le minéral.

La densité de cristaux aussi purs qu'on a pu les obtenir, mais qui étaient cependant mélangés d'un peu de beaumontite, a été trouvée de 2,125.

Dans le tube fermé, la haydénite donne beaucoup d'eau, puis elle blanchit et prend un aspect farineux : on reconnaît ainsi par ce changement de couleur dû à la calcination que les cristaux, même ceux qui paraissent les plus purs, sont mélangés de parties décomposées.

Elle n'est pas magnétique et ne le devient pas par l'action de la chaleur. Au chalumeau, elle fond, mais avec beaucoup de difficulté : elle donne alors une perle blanche transparente qui a l'éclat et la limpidité de l'hyalite.

Dans le borax en poudre ou en petits fragments, elle se dissout lentement, mais cependant d'une manière complète. On obtient une perle parfaitement blanche et transparente ; avec le phosphate de soude, la dissolution se fait avec peine, et l'on a un squelette de silice ; le bouton montre les réactions du fer.

Avec le carbonate de soude, on a une vive effervescence, et la matière se dissout complétement. Sur la feuille de platine, on observe une très-légère coloration qui indique des traces de manganèse.

Calcinée dans un creuset fermé, la haydénite

devient d'un noir sale; chauffée avec le contact de l'air, elle prend une couleur rouge de feu.

Les pertes au feu dans deux expériences ne s'accordaient pas entre elles : la première était plus faible de 2 à 3 p. o/o que celle donnée dans l'analyse ci-dessous. Ces différences tiennent à l'impureté de la matière et à son état de décomposition.

La haydénite n'est pas attaquée par l'acide acétique ni par l'acide nitrique, mais elle l'est très-facilement et avec dégagement de gaz par l'acide hydrochlorique : la silice se sépare sous forme de gelée.

Après calcination, elle n'est plus attaquable d'une manière complète, pas même par l'acide sulfurique.

L'analyse qualitative a appris que la haydénite contient de l'eau, de la silice, de l'alumine, de l'oxyde de fer, de la chaux sans magnésie, un peu d'alcali dans lequel on a constaté la présence de la potasse, et qui ne paraît pas contenir de soude.

Pour l'analyse quantitative, on a attaqué 6 décigrammes environ de haydénite par de l'acide hydrochlorique; avec la silice, il restait un peu de quartz qui était engagé jusque dans les cristaux. On dosait la silice en retranchant le résidu qui ne s'était pas dissous dans la potasse, et il était aussi retranché du poids total sur lequel on avait opéré. Il y avait de plus quelques petits cristaux de beaumontite qu'on reconnaissait après l'attaque à leur aspect nacré, mais qu'il avait été complétement impossible de séparer de la haydénite avant l'opération.

On a dosé les bases dissoutes dans la liqueur

hydrochlorique en employant les procédés ordinaires. On a trouvé ainsi :

Silice.	0,495
Alumine et peroxyde de fer.	0,235
Chaux.	0,027
Magnésie.	trace.
Potasse.	0,025
Eau.	0,210
	0,992

La séparation de l'alumine et du peroxyde de fer n'a pas été effectuée d'une manière complète, mais on a reconnu qu'il y avait plus des trois quarts d'alumine.

On voit, d'après ce qui précède, que la haydénite présente tous les caractères d'une *zéolite*; elle se distingue dans cette famille par la propriété qu'elle a de se décomposer spontanément à l'air, ce qui la rapproche de la *laumonite*; et comme la haydénite est très-riche en fer pour une zéolite, il paraît probable qu'on doit attribuer cette propriété au passage du protoxyde de fer à l'état de protoxyde par l'action de l'air; du reste, d'après sa composition chimique, et surtout d'après sa teneur en silice et en eau, enfin d'après sa pesanteur spécifique, elle ne paraît être autre chose qu'une *chabasie* qui différerait des chabasies ordinaires par une plus grande proportion de fer : la *chabasie rouge* de la nouvelle Écosse (Amérique septentrionale), qui se décompose à la surface, semblerait même former une sorte de passage de la *chabasie blanche* à la *haydénite*.

P. S. La notice qui précède était terminée lorsque j'ai appris qu'une analyse de haydénite,

faite par M. Silliman Junior, avait été publiée dans la Minéralogie de M. Dana. M. Silliman a trouvé :

Silice.	56,831
Potasse.	2,388
Alumine.	12,345
Chaux.	8,419
Oxyde de fer.	8,035
Magnésie.	3,960
Eau.	8,905
	100,000

Ces résultats diffèrent beaucoup de ceux obtenus dans l'essai que j'ai fait moi-même, surtout pour la teneur en eau et en silice.

Ainsi que je l'ai mentionné ci-dessus, on ne trouve pas toujours la même quantité d'eau, suivant que le minéral est dans un état plus ou moins avancé de décomposition ; mais j'ai cru reconnaître qu'il y en avait moins lorsque le minéral est plus décomposé, et, ainsi que je l'ai dit, la différence peut aller à 3 p. o/o ; je ne saurais donc comment expliquer la divergence qui existe entre le résultat de M. Silliman et le mien ; j'ai cependant opéré pour la détermination de l'eau sur de petits fragments qui m'ont paru à peu près purs, et choisis sur l'échantillon qui avait servi à M. Lévy pour l'étude du minéral.

L'analyse de M. Silliman donne aussi une teneur plus grande en silice, il serait possible que cela provînt de quartz mélangé qui s'engage souvent jusque dans l'intérieur des cristaux.

J'ai trouvé enfin que le fer est à l'état de protoxyde, et j'ai toujours obtenu moins de chaux que M. Silliman.

On ne doit considérer toutefois les expériences que j'ai faites pour déterminer la composition chi-

mique de la haydénite que comme des *essais*, mais ils paraissent suffisants pour classer ce minéral.

II. TALC ET STÉATITE.

Quoique le *talc* et la *stéatite* soient des minéraux communs dans la nature, et qui s'y trouvent, sinon toujours en grande masse, du moins dans un assez grand nombre de localités, les minéralogistes ne sont pas d'accord sur leur composition chimique; quelques-uns, comme Haüy, Lévy, et de Kobell, les regardent même comme des variétés d'une même espèce minérale : j'ai pensé, d'après cela, qu'il pouvait y avoir quelque intérêt à en essayer de nouvelles analyses.

Talc.

Le talc sur lequel on a opéré provient de Rhode-Island aux États-Unis; il est d'une pureté parfaite, et il se présente en grandes lamelles verdâtres bien transparentes.

Placé entre deux tourmalines croisées, il fait voir une croix noire dont les branches sont perpendiculaires, qui traverse un système d'anneaux; mais en inclinant convenablement on voit paraître les deux branches d'hyperbole, qui montrent que la substance a bien deux axes de double réfraction : M. de Kobell avait déjà constaté ce fait pour le talc et pour les minéraux dans lesquels les deux axes optiques font entre eux un petit angle.

Indépendamment du clivage très-facile qu'on observe dans tous les talcs, et qui leur donne une structure lamelleuse, cet échantillon de Rhode-Island présente deux clivages indiqués par deux

systèmes de stries parallèles suivant lesquelles les lames tendent à se casser; ils font entre eux un angle qui, mesuré par M. Descloizeaux et par moi, a été trouvé de 113° 30′ : la forme du talc paraîtrait donc être le prisme rhomboïdal droit dans lequel la base formée par le clivage facile serait un rhombe de 113° 30′ : cependant des échantillons mieux cristallisés sont nécessaires pour qu'on puisse décider s'il n'appartient pas à l'un ou à l'autre des deux derniers systèmes cristallins.

Au chalumeau, le talc de Rhode-Island présente bien avec les divers réactifs les propriétés du talc telles qu'elles sont décrites dans les ouvrages de minéralogie. Après calcination, il a une couleur légèrement brunâtre; mais il est d'un blanc d'argent mat.

Quand il a été chauffé à l'abri du contact de l'air, son aspect et ses propriétés physiques sont complétement changés; il s'est exfolié.

Sa densité, qui était de 2,5657, est devenue, après calcination, de 1,64; elle a donc diminué de plus du tiers; sa dureté, qui était d'abord représentée par 1, est environ de 6, car il peut rayer le verre quoique difficilement.

Pour l'analyse, on a opéré sur 2 gr. qui ont été attaqués par quatre fois leur poids de carbonate de soude, et on a pris toutes les précautions connues employées antérieurement par les chimistes qui se sont occupés d'analyses de ce genre.

La magnésie a été dosée directement par une attaque à l'acide fluorhydrique.

Des essais particuliers ont appris que la substance ne renfermait ni fluor, ni potasse, ni alumine; il est possible que ce qui a été pris pour de l'alumine dans ces minéraux ne soit autre chose que

de la magnésie qui, à une première précipitation par l'ammoniaque, est toujours entraînée avec l'oxyde de fer, ou peut-être même un peu de silice restée en suspension dans la liqueur après l'attaque par le carbonate alcalin.

Voici les résultats qui ont été obtenus.

Talc de Rhode-Island.

		Oxygène.	
Silice.	61,75	32,079	15
Magnésie.	31,68	12,260	6
Protoxyde de fer. .	1,70	0,387	
Eau.	4,83	4,294	2
	99,96		

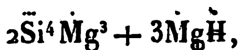
Jusqu'à présent les diverses analyses de talc qu'on a faites diffèrent surtout par la teneur en eau; on pourrait penser d'après cela que cette substance est fortement hygrométrique; mais il est facile de reconnaître qu'il n'en est rien, car, en laissant dessécher le talc de Rhode-Island à 100°, ou dans le vide sous la machine pneumatique, on n'a observé que des pertes insignifiantes, et seulement de quelques millièmes, comme cela a lieu pour tous les minéraux. De plus, après l'avoir calciné, on l'a mis pendant plusieurs jours dans de l'eau qu'on a même fait bouillir, et, l'ayant laissé sécher pendant quelque temps, par une simple évaporation à l'air libre, on a trouvé dans cette expérience qu'il n'avait pas absorbé la plus légère quantité d'eau, et que son poids n'avait pas varié. Il est donc bien certain, d'après ce qui précède, que l'eau qui est entrée dans la composition du talc est de l'eau de combinaison.

Si maintenant les analyses présentent des différences notables dans les quantités d'eau, cela tient

probablement à ce que la calcination n'a pas été forte ; car il est facile de constater que le talc supporte une chaleur rouge, même prolongée, et ne perd que quelques millièmes de son eau ; de même que les hydrosilicates de magnésie qu'on trouve dans la nature, il la retient avec beaucoup de force, et il ne m'a pas été possible de la chasser complétement à la chaleur de la lampe à alcool ; il était nécessaire d'avoir recours à un bon feu de charbon dans un fourneau de calcination. En le chauffant à la lampe d'émailleur dans un tube de verre fort, on s'est, du reste, assuré qu'il ne se dégage que de l'eau, et que cette eau n'exerce pas de réaction acide.

Quelques expériences, ayant pour but de rechercher quelle est la perte du talc au feu, ont donné, pour le talc lamelleux vert et argenté de Zillerthal, 4,700 ; pour un schiste talqueux vert de Greiner (Tyrol) 5,700 ; ce dernier, il est vrai, n'était pas pur, et, après calcination, on pouvait y observer de petits points verts qui paraissaient appartenir à de la chlorite ; il résulte donc des expériences qui précèdent que le talc contient 4,5 à 5 p. 0/0 d'eau de combinaison.

Si on cherche à représenter par une formule la composition chimique du talc de Rhode-Island, qui, sauf la teneur en eau, paraît être identique à tous les talcs dont les analyses sont données dans les traités de minéralogie, on trouve que la formule :



$$2\dddot{Si}^4\dot{Mg}^3 + 3\dot{Mg}\dot{H},$$

conduit à des résultats assez approchés ; car on a :

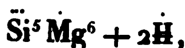
8 at. de silice	=	63,439
9 at. de magnésie	=	31,928
3 at. d'eau	=	4,633
		100,000

Le talc aurait donc pour expression générale :



l'oxygène de la silice serait double de l'oxygène des bases : c'est la formule proposée par M. Berthier, et généralement adoptée pour sa composition.

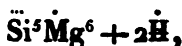
Mais cependant on trouve dans toutes les analyses connues, et surtout dans celle du talc de Rhode-Island, que la quantité d'oxygène des bases est constamment plus grande que celle donnée par cette formule ; il est possible que cela tienne à des erreurs sur le poids atomique de la magnésie, et que la formule précédente soit la véritable ; mais provisoirement il nous semble convenable d'adopter la suivante :



quoiqu'elle soit moins simple, car elle résulte immédiatement de la comparaison des rapports d'oxygène, et elle s'accorde parfaitement avec les résultats de l'expérience. Le calcul donne, en effet :

$5\dddot{Si}$	61,929
$6\dot{Mg}$	33,246
$2\dot{H}$	4,825
	100,00

Le talc serait, par conséquent, un hydrosilicate de magnésie ayant pour formule :



ou :



M. de Kobell, qui pensait que le talc est un minéral anhydre, avait déjà proposé pour sa formule :



Je ferai remarquer, du reste, que si la formule à laquelle j'ai été conduit n'est pas très-simple, cela ne doit pas être considéré comme un obstacle à ce qu'elle représente sa composition chimique ; car les corps dont la composition se laisse exprimer d'une manière simple sont en général ceux qui se présentent nettement cristallisés, et qui appartiennent aux systèmes cristallins les moins compliqués ; et ce n'est pas le cas pour le talc, car on ne l'a jamais trouvé qu'en cristaux confus ou en lamelles cristallines, et, en outre, il n'appartient pas à un système cristallin simple.

Si on observe maintenant que les échantillons de talc lamelleux pur ont toujours une grande identité, que, de plus, la formule trouvée pour le talc de Rhode-Island convient aussi à celui du Zillerthal et du Saint-Gothard (Rammelsberg, 2ᵉ suppl.), on devra en conclure qu'elle représente la composition chimique de l'*espèce minérale* qui nous occupe en ce moment : c'est du reste à tort que dans les collections de minéralogie on donne

le nom de talc à des roches qui ne diffèrent beaucoup quant à l'aspect, dont la masse est de la stéatite, de la chlorite ou du ripidolithe, et qui contiennent seulement quelques lamelles de talc.

Stéatite.

J'ai fait aussi une analyse comparative du minéral désigné sous le nom de *stéatite* par M. Beudant, et qui est le *speckstein* de la minéralogie allemande; on sait qu'il diffère seulement du talc par la propriété qu'il a d'être plus compact, plus pesant, de contenir plus d'eau, et d'avoir en général une couleur blanche; aussi quelques minéralogistes le regardaient-ils comme une variété de talc compacte. Celui qui a été examiné provenait de Nyntsch, en Hongrie; sa structure est légèrement schisteuse, et sa couleur est le blanc de lait très-pur; par son aspect et par toutes ses propriétés, il ressemble à ce qu'on appelle vulgairement la craie de Briançon.

Sa densité est de 2,7671; après calcination, elle augmente; elle est de 2,7860; nous avons vu que dans le talc l'inverse avait lieu, et qu'elle diminuait du tiers : or, si la stéatite était un talc compacte, elle devrait diminuer d'une quantité égale; et par conséquent cette propriété seule de l'augmentation de densité suffit pour démontrer que le talc et la stéatite ne sauraient appartenir à la même espèce minérale.

Après calcination, la stéatite de Nyntsch devient légèrement jaunâtre, et, en l'observant à la loupe, on remarque qu'elle présente une composition parfaitement homogène; sa dureté a augmenté, elle est plus grande que celle du talc

calciné, et elle est à peu près égale à 6, car la stéatite peut alors rayer le verre avec facilité.

Au chalumeau, le *speckstein* de Nyntsch se gonfle et s'exfolie; il devient d'un blanc plus mat, et il est moins doux au toucher, puis il se fritte légèrement sur les bords minces, comme cela a lieu pour le talc; avec le nitrate de cobalt, il donne une couleur rose-lilas sale sur la partie extérieure de la pièce d'essai qui reçoit directement l'action de la flamme, tandis que cette couleur est très-pure à l'intérieur.

Il n'est pas attaqué par l'acide hydrochlorique, mais il est décomposé cependant par une longue ébullition avec l'acide sulfurique.

Il me semble que cette propriété du *speckstein* de n'être pas attaqué par l'acide hydrochlorique ne permet pas de supposer, comme l'a fait M. Lychnell (1), qu'il est formé de silicate neutre de magnésie :



$$\dddot{Si}\dot{Mg},$$

mélangé avec de l'hydrate de magnésie; cet hydrate est nécessairement en combinaison.

Pour l'analyse, on a suivi la même marche que pour le talc, et on a obtenu :

			Oxygène.	
Silice	64,85		33,690	15
Magnésie	28,53	11,042	11,353	5
Protoxyde de fer	1,40	0,311		
Eau	5,22		4,520	2
	100,00			

En jetant les yeux sur cette analyse, on voit

(1) Rammelsberg handwœrterbuch, etc.

qu'il résulte de la composition chimique aussi bien que de l'accroissement de densité par la chaleur que la stéatite est un minéral qui diffère du talc.

Dans plusieurs expériences ayant pour but de rechercher la perte au feu de quelques variétés de stéatite ordinaire et de stéatite talqueuse, on a obtenu les résultats suivants :

Stéatite compacte un peu lamelleuse, d'un blanc de lait (Briançon).	4,80 p. 0/0
Stéatite compacte et plus lamelleuse que la précédente, d'un blanc de lait, un peu translucide.	4,80 p. 0/0
Stéatite talqueuse, d'un blanc verdâtre, lamelleuse, transparente, et contenant de la pyrite de fer du Tyrol.	4,85 p. 0/0

La perte au feu diffère, pour ces trois substances, de celle qui a été obtenue pour la stéatite de Nyntsch; mais la calcination a fait voir qu'elles ne sont pas des minéraux simples, et qu'elles constituent des roches ayant une structure analogue à celle du gneiss. La masse est formée de stéatite, et les parties feuilletées paraissent être du talc en lamelles; la stéatite de Nyntsch est la seule dont la couleur soit restée bien homogène après calcination, et qui m'ait paru, par cela même, constituer véritablement un minéral.

On a constaté, comme pour le talc, que l'eau de la stéatite est bien de l'eau de combinaison; il faut donc nécessairement en tenir compte. La formule $Si^2(Mg, Aq)$ représenterait plutôt la composition de la stéatite que celle du talc, mais la comparaison des rapports d'oxygène dans l'analyse ci-dessus montre qu'on a plus exactement les rap-

ports 2, 5, 15, qui conduisent à la formule suivante :



$$5\dddot{Si}\dot{Mg} + 2\dot{H}.$$

La stéatite est donc différente du talc, et elle constitue un minéral *formé de silicate neutre de magnésie combiné avec de l'eau dans la proportion atomique de* 5 *à* 2.

Le calcul de la formule précédente s'accorde du reste bien avec les résultats obtenus directement par l'analyse, car on a :

$5\dddot{Si}$	=	65,561
$5\dot{Mg}$	=	29,331
$2\dot{H}$	=	5,108

Origine du talc et de la stéatite.

La présence d'une quantité d'eau notable entrant comme partie constituante dans le talc et dans la stéatite, est un fait qui nous semble avoir quelque importance au point de vue géologique, et duquel on doit nécessairement tenir compte dans toutes les hypothèses qu'on peut faire pour expliquer l'origine des roches magnésiennes.

Bien qu'il soit très-difficile d'éclairer un sujet aussi délicat, et dans lequel un champ si vaste est ouvert aux conjectures, nous ferons observer que la présence de l'eau ne permet pas d'admettre que les roches talqueuses soient le produit d'une action plutonique proprement dite, analogue à celle qui a donné naissance aux granites et aux porphyres; mais comme cette eau ne se dégage pas à la chaleur rouge, rien n'empêche de conce-

voir qu'elles aient été formées par une action volcanique : il est même certains faits qui paraissent prouver l'intervention de la chaleur ; on peut citer, par exemple, la présence, dans le talc du Tyrol, de phosphate de chaux qui a souvent la forme ellipsoïdale qu'affecterait une goutte d'une matière à demi liquide, si elle avait été pressée entre les feuillets d'une substance à structure schisteuse ; la collection de M. Adam offre un très-bel échantillon sur lequel ce fait peut être observé : or la pression a bien pu faciliter la liquéfaction de la chaux phosphatée ; mais comme celle-ci est très-difficilement fusible, il est nécessaire aussi d'admettre l'action de la chaleur.

Les roches talqueuses ont donc été produites par une action *mixte*, et elles ont été formées à la fois par *voie aqueuse* et par *voie ignée*.

Quelles sont maintenant les hypothèses qu'on peut admettre pour expliquer leur formation ?

Les volcans actuels présentent bien, il est vrai, dans leurs éruptions, des dégagements de vapeur d'eau ; mais le mode de gisement des roches talqueuses et leur nature fait voir que si c'est une action volcanique ancienne qui leur a donné naissance, elle a dû, dans tous les cas, être toute différente de celle qui existe de nos jours, et qu'elle ne saurait même nullement lui être comparée.

On pourrait supposer aussi qu'à des dégagements de vapeur d'eau sont venues se joindre des émanations magnésiennes, et que le talc et la stéatite, après avoir pris naissance dans l'intérieur de la terre, sont apparus tout formés à la manière des roches ignées ; mais cette hypothèse, d'ailleurs un peu hardie, est impossible à concilier

avec l'infusibilité du talc, et surtout avec certains faits bien constatés dans les Alpes : en effet, des observations nombreuses faites par Saussure, Brochant de Villiers, d'Aubuisson des Voisins, et, dans ces derniers temps, par M. Gras (1), ont montré que la stéatite et les roches talqueuses présentent une stratification très-distincte; de plus, elles sont fréquemment intercalées dans des terrains stratifiés contenant des couches calcaires avec fossiles; il n'est pas moins certain qu'elles les recouvrent souvent complétement.

D'après cela, il nous semble préférable d'admettre que les schistes et les gneiss talqueux ou stéatiteux, la protogine, et toutes les roches analogues, ont été formées par voie de *métamorphisme* à la manière des dolomies, c'est-à-dire qu'elles auraient été produites par des émanations magnésiennes aqueuses analogues aux émanations que donnent encore les volcans en activité, ou peut-être même simplement par l'action de dissolutions chargées de sels de magnésie, comme cela paraît avoir eu lieu pour les dolomies en couches des terrains stratifiés : à cette action se serait jointe celle de la chaleur, soit qu'elle fût intervenue postérieurement, soit, ce qui est beaucoup plus probable, qu'elle eût accompagné les émanations magnésiennes. Cette dernière hypothèse me paraît être à peu près la seule qui puisse rendre compte de la présence de l'eau, de la stratification observée dans les roches talqueuses, de leurs relations

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 2e série, t. I. Introduction à un essai sur la constitution géologique des Alpes de la France et de la Savoie.

de position dans les Alpes, ainsi que de leurs caractères *mixtes* qui leur assignent une origine à la fois *ignée* et *aqueuse*.

RECHERCHES

Sur la Laumonite,

Par MM. MALAGUTI et DUROCHER.

Parmi les minéraux zéolitiques, la laumonite se fait remarquer par l'efflorescence spontanée qu'elle éprouve lorsqu'elle est abandonnée à l'air : elle se trouve dans la nature en masses lamelleuses, demi-transparentes, d'un gris jaunâtre, possédant un éclat soyeux. Si on la laisse exposée au contact de l'air, elle subit une altération qui commence au bout de quelques jours; les lames blanchissent, deviennent peu à peu laiteuses et opaques; alors elles s'exfolient, se délitent et tombent en poussière. Cette altération pénètre de la surface des lames vers l'intérieur; car si on casse un cristal qui a commencé à s'altérer, en profitant des clivages qui sont très-faciles, on peut en extraire un noyau encore intact; ce qui rend d'ailleurs évidente l'influence de l'air dans ce phénomène, c'est qu'il suffit de couvrir la laumonite de gomme pour l'empêcher de s'altérer. Le délitement des cristaux laissés à l'air ne devient complet qu'après un temps plus ou moins long, qui dépend de leur état physique et principalement de la nature du milieu où ils sont placés.

La laumonite du Huelgoet forme des veines ramifiées au milieu du schiste argileux d'un gris noirâtre qui encaisse le filon; souvent le schiste est imprégné de laumonite qui s'y trouve mélangée d'une manière très-intime, et alors il se délite lui-même quand il est exposé à l'air.

L'altération spontanée de la laumonite a été observée par tous les minéralogistes, mais jusqu'à présent la cause en était restée inconnue. Dans son mémoire sur ce minéral (1), M. Dufrénoy dit qu'elle devient friable par le contact de l'air, sans faire connaître la cause de cette altération; mais dans son traité de minéralogie (2), M. Beudant dit que la laumonite de Bretagne, lorsqu'elle s'effleurit, ne perd pas de son eau.

Nous avons fait quelques expériences pour reconnaître quelle est la cause de l'efflorescence spontanée de la laumonite, et nous avons constaté qu'elle est due à la disparition d'une certaine quantité d'eau, qui est faible à la vérité, et qui avait pu échapper dans les observations dont ce minéral avait été précédemment l'objet.

Présumant que l'altération de la laumonite pouvait être le résultat d'une diminution dans la quantité d'eau qu'il contient, nous avons d'abord cherché si on rendrait l'altération de ce minéral plus rapide, en le plaçant dans des conditions où il fût plus exposé à perdre de l'eau ; trois expériences comparatives ont été faites simultanément en exposant de la laumonite dans le vide, dans une atmosphère sèche et dans une atmosphère humide.

Le 28 janvier 1845, 1^{gr},457 de laumonite en petits fragments ont été mis dans le vide. Un mois après nous y avons reconnu une diminution de poids de 0^{gr},033, ce qui fait une perte de 2,26 p. 0/0. Les cristaux étaient très-altérés; ils étaient devenus opaques et tout à fait friables; l'efflorescence avait été très-sensible dès les premiers jours.

---

(1) *Annales des mines*, 3e série, tome VIII, p. 509.

(2) *Traité de minéralogie*, par M. Beudant, 2e volume, page 98.

Le 28 janvier 1845, 1$^{gr.}$,130 de laumonite en petits cristaux ont été mis sous une cloche dont l'air était maintenu dans un état constant de siccité par une capsule remplie d'acide sulfurique; une nouvelle pesée de ces cristaux faite le 3 mars a accusé une perte de poids de 0$^{gr.}$,0435 ou 3,85 p. o/o.

Cinq mois après, nous avons reconnu par une troisième pesée que la perte qui avait eu lieu dans l'intervalle n'était que de 0,30 p. o/o; cette diminution si minime montre que dès le premier mois la laumonite perd presque toute la quantité d'eau qu'elle peut céder à l'air sec. Néanmoins une quatrième pesée qui a été faite au mois d'avril 1846, c'est-à-dire sept mois après la précédente, nous a encore indiqué une nouvelle perte en eau de 0,30 p. o/o. Si la laumonite continue encore à perdre une très-petite quantité d'eau au bout de plusieurs mois, cela tient probablement à ce que la matière sur laquelle nous avons opéré étant à l'état de cristaux, la déshydratation ne peut pénétrer que lentement à l'intérieur.

L'altération qu'éprouve la laumonite abandonnée à l'air libre est beaucoup plus lente que celle éprouvée sous le vide ou dans un air tout à fait sec, mais elle résulte aussi d'une diminution dans la quantité d'eau, ainsi que le montre l'expérience suivante :

Le 1er février 1845 nous avons mis sous une cloche à double tubulure, et dans laquelle par conséquent l'air pouvait se renouveler, deux petites capsules contenant l'une 3$^{gr.}$,257 de laumonite en petits cristaux, l'autre 2$^{gr.}$,2695 de laumonite pulvérisée; la température de l'appartement où était cette cloche variait de 10 à 17°, et l'air y était peu humide. Le 2 mars, une nouvelle pesée nous

a montré que les cristaux de laumonite, qui étaient fortement altérés, et étaient devenus friables, avaient perdu 1,59 p. o/o; la laumonite pulvérisée avait éprouvé une diminution de poids de 0,81 p. o/o.

Il paraît singulier que la laumonite en poussière, qui offre, par conséquent, une plus grande surface au contact de l'air ait perdu moins que celle en petits cristaux; mais elle est susceptible de contenir une quantité d'eau hygrométrique assez considérable, qui peut s'élever jusqu'à 1 p. o/o.

Néanmoins cette expérience démontre que l'efflorescence de la laumonite dépend d'une diminution dans la quantité d'eau contenue; nous n'avons pas jugé à propos de rechercher quelle est la quantité d'eau que peut perdre la laumonite par une exposition indéfinie à l'air libre; car les expériences que nous allons exposer tout à l'heure montrent que les variations dans l'état hygrométrique de l'atmosphère nous auraient empêché d'obtenir des résultats constants.

Si l'altération de la laumonite est due à de l'eau qui lui est enlevée par l'air non saturé d'humidité, les cristaux de laumonite placés dans de l'air à saturation ne doivent pas s'effleurir; c'est, en effet, ce que nous avons constaté; des cristaux que nous conservons depuis dix-huit mois dans de l'air humide sont encore aussi nets et aussi éclatants que le premier jour; une autre preuve nous est encore fournie par des cristaux que nous avions mis dans un petit tube fermé à la lampe, et qui n'ont pas subi d'altération.

Il ne peut donc plus y avoir de doute sur la cause qui détermine l'efflorescence de la laumonite; mais ce minéral possède une propriété remarquable, il est susceptible, lorsqu'il a commencé à s'altérer,

de reprendre l'eau qu'il avait perdue et de revenir à son état primitif. Le 28 janvier 1845, nous avons exposé dans de l'air saturé d'humidité des cristaux de laumonite un peu altérés, devenus blanchâtres et opaques. Le 3 mars de la même année, nous avons fait une nouvelle pesée de ces cristaux, après les avoir remis et laissés pendant quelque temps au contact de l'air libre, afin qu'ils se remissent en équilibre d'hygrométricité, et alors nous avons trouvé une augmentation de poids de 0gr.,029 ou 1,21 p. o/o. Les cristaux étaient redevenus translucides et offraient à peu près le même aspect qu'ils avaient avant d'être altérés.

Cet effet qui n'a lieu qu'au bout de plusieurs jours au contact de l'air humide, se produit en moins d'une demi-heure; si on plonge les cristaux dans de l'eau, ils reprennent alors très-promptement leur translucidité et leur aspect primitif, et ils les conservent, après avoir été retirés de l'eau, jusqu'à ce que le contact de l'air vienne les effleurir de nouveau.

Cette propriété que possède la laumonite, de reprendre l'eau qu'elle a perdue, est commune à d'autres substances minérales; ainsi, l'on sait que l'opale qui a été chauffée reprend de l'eau lorsqu'elle est abandonnée à l'air humide. Dernièrement M. Delesse a analysé un nouvel hydrosilicate alumineux (1) qui, après avoir perdu une partie de son eau par un échauffement au-dessous du rouge sombre, la reprend lorsqu'on le plonge dans l'eau.

Il est remarquable dans la laumonite qu'une

(1) *Annales de chimie et de physique*, octobre 1845.

perte de 1 et demi à 2 p. o/o d'eau détermine un délitement complet de la substance et la fasse tomber en poussière; bien que cette eau soit enlevée par le simple contact de l'air sec et soit restituée par l'air humide, il est fort peu probable que ce soit de l'eau hygroscopique; elle paraît être combinée avec les autres éléments du minéral.

Analyse de la Laumonite du Huelgoet.

L'analyse de la laumonite ne présente pas de difficultés; cette substance s'attaque facilement par l'acide muriatique; elle s'y dissout à chaud, et, par le refroidissement, elle se prend en gelée; la silice, l'alumine et la chaux ont été dosées à la manière ordinaire. Mais il faut remarquer que la laumonite du Huelgoet est toujours accompagnée de carbonate de chaux lamelleux qui est mélangé intimement avec elle, de façon que des lames de laumonite qui paraissent pures lorsqu'elles sont réduites en poussière, font une légère effervescence avec les acides; il faut donc déterminer la quantité d'acide carbonique contenu dans la laumonite qui est soumise à l'analyse. Une calcination au rouge a donné la perte totale en eau et acide carbonique, ensuite le dosage de l'eau a été fait en la recueillant dans un tube à chlorure de calcium taré; l'acide carbonique a été dosé par différence, et on a déduit de la quantité de chaux fournie par l'analyse, celle qui est nécessaire pour convertir l'acide carbonique en carbonate. Cette déduction faite, l'analyse de la laumonite du Huelgoet a fourni les résultats suivants :

		Oxygène.	
Silice.	52,467	27,256	10
Alumine. . . .	22,561	10,536	4
Chaux.	9,412	2,688	1
Eau.	15,560	13,662	5
	100,000		

La densité du minéral est 2,290.

Les résultats de cette analyse peuvent se traduire par la formule suivante :



$$CaS^2 + 4AS^2 + 5Aq.$$

Cette formule n'est pas tout à fait la même que celle obtenue par M. Gmelin, qui a analysé la laumonite du Huelgoet, et par M. Dufrénoy, qui a analysé celles de Cormoyeur et des Etats-Unis; la formule à laquelle ils sont arrivés est :



$$CaS^2 + 3AS^2 + 4Aq.$$

Cependant les résultats numériques de toutes ces analyses ne diffèrent que très-peu les uns des autres; mais il suffit d'une différence de 2 ou 3 centièmes dans les proportions de silice, d'alumine et de chaux pour modifier la formule destinée à représenter la composition du minéral; en outre, il est rare que ces substances soient d'une pureté parfaite; nous n'attachons donc aucune importance à faire prévaloir la formule que nous avons obtenue.

En terminant, nous ferons quelques remarques relatives à l'eau qui entre dans la composition de la laumonite; si on la considère comme jouant le rôle d'une base, alors le minéral est représenté par un silicate neutre :



$$(Ca, Aq)S + 4(A, Aq)S.$$

Voici dans quelle proportion s'effectue le déga-

gement de l'eau lorsque la laumonite est exposée à des températures croissantes ; de 10 à 100°, elle perd 3,17 p. 0/0 d'eau, quantité beaucoup plus grande que celle qui peut être attribuée à l'hygrométricité ; c'est environ 1/5e de la quantité totale, ou 1 atome sur 5.

De 100 à 200° elle perd 2,91 p. 0/0, presque autant que de 10 à 100°, ou un second atome.

De 200 à 300°, elle perd seulement 1,20 0/0.

En ajoutant toutes ces pertes successives, on voit que la diminution de poids totale éprouvée de 10 à 300° est de 7,67 p. 0/0, c'est-à-dire exactement la moitié de la quantité d'eau normale contenue dans la laumonite.

Nous ferons encore observer que la perte en eau subie par la laumonite, lorsqu'elle est abandonnée pendant très-longtemps à l'air sec, est à peu près la même que celle qui a lieu par un échauffement de 10 à 100°, c'est-à-dire de 1 atome sur 5.

ANALYSES

De la Lévyne et de l'Harmotóme d'Islande;

Par M. DAMOUR.

Lévyne.

Le minéral réduit en très-petits fragments a été maintenu pendant plusieurs jours sous une cloche, au-dessus d'une capsule contenant de l'acide sulfurique concentré. La matière ainsi desséchée a été introduite dans un creuset de platine rougi quelques instants auparavant, et exposée à la température du rouge cerise. La perte qu'elle a subie par suite de cette calcination a représenté la quantité d'eau dégagée.

Une autre portion du minéral en poudre fine, desséchée de la même manière, mais non calcinée, a été attaquée par l'acide chlorhydrique étendu d'eau. Elle s'est dissoute à froid très-facilement, en laissant déposer quelques flocons de matière insoluble. La liqueur acide a été évaporée à siccité; la masse sèche a été humectée avec de l'acide chlorhydrique fumant, puis traitée par l'eau, et la liqueur filtrée. La silice ainsi séparée et pesée a été attaquée par une dissolution chaude de carbonate sodique. Elle a disparu presque entièrement, en laissant déposer cependant quelques flocons blancs qui ont achevé de se dissoudre dans la soude caustique.

La liqueur séparée de la silice a été saturée

d'ammoniaque; l'alumine qui s'est précipitée a été recueillie sur un filtre, puis redissoute et précipitée de nouveau. Elle a été pesée après un lavage convenable et une forte calcination.

La liqueur séparée de l'alumine a été traitée par l'oxalate ammonique. On a ainsi obtenu de l'oxalate calcique, qui a été rougi fortement, puis traité par une dissolution de carbonate d'ammoniaque, pour ramener la chaux à l'état de carbonate. Ce sel desséché à une chaleur modérée a été pesé, puis transformé en sulfate, dont le poids a servi à déterminer la proportion de chaux, et à contrôler ainsi les résultats indiqués par la quantité pesée de carbonate calcique.

La liqueur séparée de l'oxalate calcique a été évaporée à siccité, et le résidu chauffé au rouge naissant, dans un creuset de platine muni de son couvercle. Les sels ammoniques se sont volatilisés. Il est resté au fond du creuset une matière saline, non volatile à cette température et formée de chlorures alcalins. Elle s'est dissoute dans l'eau en abandonnant quelques flocons de silice. La liqueur claire a été traitée par le chlorure platinique, évaporée à siccité et reprise par l'alcool. Il s'est déposé du chlorure platinico-potassique, dont le poids a servi à déterminer la potasse contenue dans la matière analysée. La liqueur séparée de ce dépôt, étant abandonnée à l'évaporation spontanée, a laissé apparaître des cristaux de chlorure platinico-sodique. La quantité de potasse déterminée directement a servi à évaluer, par différence, la proportion de soude existant dans les chlorures réunis.

Trois analyses ont donné :

	(1re)	(2e)	(3e)
	0g,7460	0g,7943	0g,7680
Silice.	0,3180	0,3578	0,3515
Alumine.	0,1770	0,1910	0,1810
Chaux.	0,0884	0,0772	0,0812
Potasse	0,0116	0,0130	0,0126
Soude.	0,0093	0,0118	0,0105
Eau.	0,1300	0,1390	0,1348
	0,7343	0,7893	0,7716

Ces résultats évalués en 10000mes produisent :

	(1re)	(2e)	(3e)	Moyenne.		Oxygène.	Rap.
Silice. . .	0,4264	0,4504	0,4576	0,4448		0,2310	36—6
Alumine. .	0,2372	0,2404	0,2356	0,2377		0,1111	18—3
Chaux. . .	0,1185	0,0972	0,1057	0,1071		0,0301	5 } 1
Potasse. .	0,0155	0,0163	0,0104	0,0161	0,0026 }	0,0061	1 }
Soude. . .	0,0133	0,0142	0,0136	0,0133	0,0035 }		
Eau. . . .	0,1742	0,1749	0,1733	0,1741		0,1547	24—4
	0,9856	0,9934	1,0022	0,9936			

Dans ces analyses, on voit que les quantités d'oxygène des bases à un atome, de l'alumine, de la silice et de l'eau sont entre elles comme 1 : 3 : 6 : 4. La formule qui paraît reproduire le mieux les nombres ci-dessus est celle-ci :



$$(\dot{K},\dot{N})\dddot{Si} + 5\dot{Ca}\dddot{Si} + 6\ddot{Al}\dddot{Si} + 24\dot{H}.$$

Elle donne théoriquement :

		En 10000mes.
12 atomes de silice. .	692772	= 0,4368
6 at. d'alumine. . .	385398	= 0,2430
5 at. de chaux. . . .	178010	= 0,1123
1 at. de potasse. . .	59891	= 0,0377
24 at. d'eau.	269952	= 0,1702
	1586023	1,0000

La lévyne, par sa composition, peut se placer à la suite de la mésotype et de la scolézite, pour

lesquelles on observe les rapports suivants, entre l'oxygène des bases, de la silice et de l'eau :

	$(\dot{r})$		$(\dddot{Al})$		$(\dddot{Si})$		$(\dot{H})$
Mésotype. .	1	:	3	:	6	:	2
Scolézite. .	1	:	3	:	6	:	3
Lévyne. . .	1	:	3	:	6	:	4

Ce dernier minéral, à raison de ses caractères, nous paraît ainsi constituer une espèce à part, et bien distincte de la *chabasie*, à laquelle plusieurs minéralogistes avaient proposé de la réunir.

Harmotóme à base de chaux.

Ce minéral, qui se trouve souvent associé à la lévyne, est formé des mêmes éléments que cette dernière substance, mais en des proportions différentes. La méthode d'analyse que nous avons décrite ci-dessus a également servi à sa détermination.

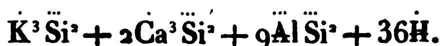
1^{g},1340 ont donné :

		En 10000es.	Oxygène.	Rapp.
Silice. . . .	0,5490 =	0,4841	0,2515	24 — 8
Alumine. .	0,2500 =	0,2204	0,1030	9 — 3
Chaux. . .	0,0963 =	0,0849	0,0238	2 } — 1
Potasse. . .	0,0702 =	0,0619	0,0105	1 }
Eau. . . .	0,1769 =	0,1560	0,1386	12 — 4
	1,1424	1,0073		

Une seconde analyse faite sur 0^{g},5900 de matière préalablement calcinée pour le dosage de l'eau, puis attaquée au creuset de platine, par un mélange de carbonate de soude et de carbonate de potasse, a donné :

			En 100000es.	Oxygène.	Rap.
Silice. . .	0,2830	=	0,4796	0,2491 —	24
Alumine.	0,1320	=	0,2237	0,1045 —	9
Chaux. . .	0,0422	=	0,0715	0,0200 —	2
Potasse. .	»		»	»	
Eau. . . .	0,0925	=	0,1567	0,1388 —	12
	0,5497		0,9315		

En ajoutant aux nombres ci-dessus la proportion de potasse trouvée dans l'analyse précédente, on obtient encore les rapports 1 : 2 : 9 : 12 : 24, qui permettent de construire la formule :



$$\dot{K}^3 \dddot{S}i^2 + 2\dot{C}a^3 \dddot{S}i^2 + 9\dddot{A}l \dddot{S}i^2 + 36\dot{H}.$$

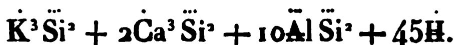
Cette formule donnerait :

			En 10000es.
8 atomes de silice. . .	461848	=	0,5016
3 at. d'alumine.	192699	=	0,2094
2 at. de chaux.	71204	=	0,0774
1 at. de potasse.	59891	=	0,0650
12 at. d'eau.	134976	=	0,1466
	920618		1,0000

La composition de l'harmotôme d'Islande se rapproche beaucoup de celle d'un minéral venant de Marbourg, et dans lequel M. Gmelin a trouvé :

Silice.	0,4802
Alumine. . . .	0,2261
Chaux.	0,0656
Potasse.	0,0750
Oxyde de fer. .	0,0018
Eau.	0,1675
	1,0162

La proportion d'eau indiquée dans cette substance est un peu plus forte que dans l'harmotôme d'Islande; M. Berzélius a proposé de représenter ainsi la composition de cette espèce minérale :



$$\dot{K}^3 \dddot{S}i^2 + 2\dot{C}a^3 \dddot{S}i^2 + 10\dddot{A}l \dddot{S}i^2 + 45\dot{H}.$$

Quelle que soit la formule qu'on adopte, il est très-probable que les deux substances dont il vient d'être question sont identiques et qu'elles constituent l'harmotôme à base de chaux et de potasse.

EXAMEN CRISTALLOGRAPHIQUE

Et analyse de la Morvénite. Réunion de cette substance à l'Harmotôme.

Par MM. DAMOUR et DESCLOIZEAUX.

L'harmotôme de Strontian, en Ecosse, qui se montre en cristaux maclés, de couleur blanche, groupés dans les fissures d'une roche calcaire renfermant des nodules de baryte sulfatée, est presque toujours associée à de petits cristaux incolores, transparents, dérivant d'un prisme rhomboïdal droit, dont la base est surmontée d'un pointement à quatre faces qui forment entre elles l'angle très-obtus de 178°. M. Thomson, frappé de la différence que ces derniers cristaux présentent extérieurement avec ceux de l'harmotôme, a pensé qu'ils devaient constituer une espèce particulière, et après en avoir fait l'analyse, il les a décrits dans son Traité de minéralogie, sous le nom de *morvénite*. Cette analyse lui avait donné les résultats suivants :

Silice. . . .	0,6475
Alumine. . .	0,1342
Chaux. . . .	0,0416
Ox. ferreux.	0,0259
Eau.	0,1447
	0,9939

M. Philipps ayant, à la prière de M. Thomson, examiné les cristaux de *morvénite*, reconnut cependant que leur forme était identique à celle de l'harmotôme à base de baryte.

La quantité de silice, indiquée par M. Thomson, dans un minéral hydraté très-voisin de la famille des zéolites, pouvait paraître extraordinaire; ayant pu nous procurer quelques échantillons bien authentiques d'harmotôme de Strontian, accompagnés des cristaux désignés sous le nom de *morvénite*, nous avons cru qu'il y aurait quelque intérêt à reprendre l'examen de cette matière.

Les cristaux de morvénite sont généralement très-brillants, transparents, de la grosseur d'une tête d'épingle, rarement maclés; ils se distinguent ainsi très-bien des cristaux opaques d'harmotôme, auxquels ils sont associés et peuvent ainsi en être séparés facilement.

Leur forme primitive est un prisme rhomboïdal droit de 110° 30′, dans lequel le rapport d'un des côtés de la base est à la hauteur comme les nombres 59 : 93.

Ils présentent un clivage très-facile parallèlement à la base, et deux autres moins faciles parallèlement aux faces latérales du prisme rhomboïdal.

L'harmotôme ordinaire que Haüy rapporte au prisme rectangulaire droit a été considérée par M. Lévy comme ayant pour forme primitive un prisme rhomboïdal droit de 110° environ; ses cristaux possèdent en effet des clivages placés absolument de la même manière que ceux de la morvénite, qui permettent de les faire dériver simplement du solide adopté par M. Lévy; seulement ils offrent de plus un quatrième clivage très-facile parallèlement à la modification g^1; dans la morvénite ce clivage est assez difficile.

On sait du reste, par de nombreux exemples, que cette variation dans la facilité des clivages

n'est pas un caractère suffisant pour motiver la séparation, en espèces distinctes, de matières minérales qui sont identiques sur tous les autres points.

La forme des cristaux de morvénite est un prisme à six faces, dont quatre appartiennent à la forme primitive et deux à la modification g^1, surmonté d'un pointement à quatre faces placées sur les arêtes de la base et ayant pour signe cristallographique b^1; ce pointement se termine presque toujours par une base rhombe, qui porte une petite pyramide très-surbaissée, dont il sera question plus loin.

Les cristaux sont ordinairement allongés suivant leur axe principal, et c'est là ce qui leur donne un aspect différent de celui de l'harmotôme; dans celle-ci les faces primitives *m* des cristaux sont très-étroites, et ces cristaux sont allongés dans le sens de la petite diagonale de la base. La *fig.* 5, *Pl. III*, représente la forme primitive; la *fig.* 6, celle des petits cristaux de morvénite; et la *fig.* 7, la forme habituelle des cristaux d'harmotôme de Strontian. Dans les cristaux d'harmotôme d'Andreasberg, les faces *m* manquent presque toujours, et cette circonstance a pu décider Haüy à les considérer comme des prismes rectangulaires terminés par un pointement à quatre faces.

Voici les principaux angles que M. Descloizeaux a observés sur la morvénite, et ceux qu'il a calculés d'après les dimensions de la forme primitive adoptée; on a placé en regard les angles observés par Philipps et ceux qu'il donne, dans son Manuel de minéralogie, pour l'harmotôme.

Morvénite.

	Angles observés. (M. Descloizeaux.)	Angles calculés. (M. Descloizeaux.)	Philipps.	(*Harmotôme.*)
m sur m.	110° 30′	140° 50′ 32″	110° 20′	110° 20′
m sur g^1.	»	124° 31′ 44″	»	125° 5′
b^1 sur b^1. . . . : . .	121° 30′	»	»	»
b^1 sur b^1, de retour.	90° 30′	»	»	»
p sur m.	90° 0′	»	90° 0′	90° 0
p sur b^1.	120° 47′	120° 27′ 15″	»	»
m sur b^1.	150° 0′	149° 22′ 45″	149° 22′	»

Les faces du prisme dans les petits cristaux de morvénite sont souvent striées par des lignes horizontales, et l'on trouve quelquefois entre les faces b^1 et m une petite modification très-étroite, parallèle à l'arête de séparation de ces deux faces; mais les incidences de cette modification diffèrent si peu de celles de la face b^1, qu'il n'en a pas été tenu compte : cette facette fait avec la face m un angle de 151° 35′, et avec la face b^1 un angle de 177° 57′.

On trouve aussi, et assez souvent, sur la base, une pyramide quadrangulaire très-surbaissée, analogue à celle que l'on observe sur l'*anatase*. L'incidence de deux faces de cette pyramide étant de 178° 28′, le signe cristallographique qui les représente serait à peu près b^{70}.

La densité des petits cristaux de morvénite est un peu supérieure à celle de l'harmotôme; sa pesanteur spécifique est aussi un peu plus forte.

M. Damour a trouvé :

Pour la morvénite. . .	2,498
Pour l'harmotôme. . . .	2,447

Au chalumeau, les cristaux de Morvénite et d'harmotôme se comportent d'une même manière; tous dégagent de l'eau, blanchissent et deviennent friables à la première application de la chaleur; ils fondent ensuite assez difficilement sur les bords, en verre demi-transparent.

Réduits en poudre, ces cristaux sont attaqués facilement par l'acide chlorhydrique, sans former de gelée; de la silice pulvérulente et très-blanche se dépose de la dissolution.

La liqueur séparée de la silice et étendue de beaucoup d'eau donne un précipité de sulfate de baryte lorsqu'on y verse quelques gouttes d'acide sulfurique faible.

D'après l'ensemble des caractères que nous avions observés sur la morvénite, il nous semblait probable que cette substance n'était qu'une simple variété d'harmotôme; l'analyse chimique, comme on le verra plus tard, a pleinement justifié cette opinion.

Analyse (*par M.* Damour).

Le minéral réduit en poudre par la lévigation a été maintenu pendant plusieurs jours dans une atmosphère desséchée par l'acide sulfurique concentré; puis pesé et attaqué par l'acide chlorhydrique à une température de 50 degrés. La silice, séparée avec les précautions ordinaires, a été traitée après son dosage par une dissolution chaude de carbonate sodique. Elle était parfaitement pure.

La liqueur séparée de la silice et très-étendue d'eau a été traitée par l'acide sulfurique faible, qui

a donné lieu à la formation d'un précipité abondant de sulfate de baryte, dont le poids a servi à déterminer la baryte contenue dans le minéral.

La liqueur séparée du sulfate de baryte a été saturée avec du carbonate ammoniacal. L'alumine s'est déposée. Les eaux de lavage ont été évaporées à siccité, et le résidu salin chauffé au rouge dans un creuset de platine recouvert d'une petite capsule. Les sels ammoniques se sont volatilisés; il est resté un faible résidu salin formé de sulfate de soude et de potasse. La potasse a été dosée au moyen du chlorure platinique et la soude par différence.

L'alumine, après une forte calcination, a été redissoute, à chaud, dans l'acide sulfurique; et la dissolution claire et étendue de beaucoup d'eau, sursaturée avec la potasse caustique. On a séparé ainsi, de l'alumine, une petite quantité d'oxyde de fer.

Dans une autre analyse, après la séparation de la silice, voulant obtenir immédiatement à l'état de chlorures les sels de potasse et de soude contenus dans le minéral, on avait saturé la dissolution chlorhydrique d'alumine et de baryte avec du carbonate ammoniacal. Les deux terres formaient un précipité volumineux, facile à laver; mais la liqueur claire séparée de ces terres renfermait encore, outre les sels de soude et de potasse, une quantité très-appréciable de baryte, que l'on a pu cependant recueillir et séparer des sels alcalins, au moyen de l'acide sulfurique.

L'eau a été dosée à part, sur une quantité pesée du minéral réduit en petits fragments et desséché pendant plusieurs jours au-dessus d'une couche d'acide sulfurique concentré. La perte de poids

que la calcination a fait subir au minéral a servi à calculer la proportion d'eau combinée.

Deux analyses ont donné :

1re analyse :

Sur 0gr,7625.

		En 10000es.	Oxygène.
Silice.	0,3630 =	0,4760	0,2472
Alumine. . . .	0,1250 =	0,1639	0,0765
Baryte.	0,1591 =	0,2086	0,0218
Oxyde de fer.	0,0050 =	0,0065	
Potasse	0,0062 =	0,0081	
Soude.	0,0057 =	0,0074	
Eau.	0,1041 =	0,1416	0,1338
	0,7681	1,0121	

2e analyse :

0gr,3530.

		En 10000es.	Oxygène.
Silice.	0,1680 =	0,4759	0,2472
Alumine. . . .	0,0590 =	0,1671	0,0780
Baryte.	0,0722 =	0,2045	0,0214
Oxyde de fer.	0,0020 =	0,0056	
Potasse. . . .			
Soude.			
Eau.	0,0500 =	0,1416	0,1338
	0,3512 =	0,9947	

On voit d'après ces analyses et les caractères que nous avons mentionnés plus haut, que la morvénite ne saurait former une espèce à part et qu'elle doit être réunie à l'harmotôme à base de baryte. Les résultats si différents que M. Thomson a obtenus peuvent s'expliquer en admettant un mélange accidentel de quarz et de calcaire parmi les échantillons que ce minéralogiste a employés à son analyse.

Les cristaux blancs et maclés d'harmotôme de

Strontian, associés aux précédents, ont été l'objet d'un examen comparatif; leurs caractères chimiques ont paru identiques à ceux de la *morvénite*.

Leur analyse a donné :

Sur 1gr,3520.

		En 10000es	Oxygène.
Silice.	0,6455 =	0,4774	0,2480
Alumine. . . .	0,2120 =	0,1568	0,0732
Baryte.	0,2848 =	0,2106	0,0220
Oxyde de fer.	0,0070 =	0,0051	
Potasse. . . .	0,0106 =	0,0078	
Soude.	0,0109 =	0,0080	
Eau.	0,1783 =	0,1319	0,1172
	1,3491	0,9976	

M. Thomson, à qui l'on doit aussi une analyse de l'harmotôme d'Écosse, indique dans cette substance une petite quantité de chaux que l'on n'a pu trouver en opérant sur des fragments bien purs.

L'harmotôme a été analysée un grand nombre de fois par différents chimistes, et cependant l'on n'est pas bien d'accord sur la formule qui doit le mieux représenter sa composition. En comparant entre elles les quantités d'oxygène de la baryte, de l'alumine, de la silice et de l'eau,

M. Berzélius trouva le rapport : 1 : 5 : 12 : 8;
M. Kobell et M. de Rammelsberg : 1 : 4 : 10 : 6;
M. Koehler : 2 : 7 : 18 : 12.

Si l'on rapproche nos analyses de celles de MM. Connel et Rammelsberg, peut-être trouvera-t-on plus de vraisemblance dans le rapport :

1 : 3 : 12 : 6,

qui donnerait :

			En 10000es.
4 atomes de silice. .	230924	=	0,5038
1 atome d'alumine. .	64233	=	0,1402
1 atome de baryte. .	95688	=	0,2087
6 atomes d'eau. . .	67488	=	0,1473
	458333		1,0000

L'harmotôme à base de baryte aurait ainsi la même formule générale que la stilbite :



$$\dot{r}\,\ddot{S}i + \dddot{A}l\,\ddot{S}i^3 + 18\dot{H},$$

ou bien :



$$\dot{r}\,\dddot{A}l\,\dot{S}i^{12}\,\dot{H}^6.$$

Dans la stilbite, $\dot{r}$ représente la chaux; dans l'harmotôme, $\dot{r}$ représente la baryte.

Nous ne faisons pas entrer dans cette formule la potasse, la soude et l'oxyde de fer que nous avons constamment trouvés dans l'harmotôme limpide (morvénite) et dans l'harmotôme blanche; ces matières s'y présentent en proportion bien faible et ne me paraissent pas essentielles à la constitution du minéral.

L'harmotôme et la stilbite présentent entre elles quelques points de rapprochement; la similitude de leur gisement permet de croire qu'elles ont été formées dans des circonstances à peu près pareilles. Toutes deux se distinguent de la plupart des zéolites en ce qu'après avoir été attaquées par les acides, elles laissent déposer de la silice en poudre et non en gelée. Leurs cristaux se présentent souvent disposés et groupés d'une même manière; ils dérivent d'un même type cristallin (prisme rhomboïdal droit); l'incidence des angles à la vérité n'est pas la même dans chacune d'elles; mais

la différence des bases, baryte et chaux, peut expliquer cette variation.

Cette disposition en macles et en hémitropies qu'affectent presque constamment les cristaux d'harmotôme, tient sans doute à des causes dont la nature n'est pas encore bien connue; mais nous avons souvent remarqué, en faisant cristalliser des sels, que les cristaux qui se déposent d'une dissolution pure et homogène, livrée à l'évaporation spontanée, ne sont jamais maclés, tandis que ceux qui prennent naissance dans une dissolution renfermant d'autres sels ou des matières susceptibles de réagir sur cette dissolution, offrent souvent, parmi les cristaux réguliers d'un même sel, d'autres cristaux de même nature, mais hémitropes. En partant de cette observation, on pourrait supposer qu'au moment de la formation de l'harmotôme, quelque matière étrangère à la composition intime du minéral a apporté une sorte de gêne à sa cristallisation régulière; ce mélange rendrait raison de la difficulté qu'on éprouve à trouver des nombres offrant entre eux un rapport simple dans l'analyse d'une substance depuis longtemps soumise à l'examen des minéralogistes.

RAPPORT

Adressé à M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, en date du 17 février 1846, sur le procédé suivi à Douchy pour traverser des nappes d'eau considérables, au moyen de l'air comprimé;

Par M. BLAVIER, Ingénieur en chef des mines.

L'état éminemment spongieux de quelques-uns des bancs qui constituent l'étage supérieur de la formation crayeuse, y accumule parfois des nappes d'eau d'une abondance extrême, désignées sous le nom de *niveaux* dans le vocabulaire des mineurs du Nord, et qu'il n'est possible de traverser, malgré leur faible distance du jour que par le secours d'agents mécaniques d'une grande force et de moyens très-énergiques.

Sur quelques points de la concession des mines de Douchy (Nord), ces niveaux, presque superficiels, ont présenté une telle puissance, que, malgré l'emploi d'une machine à vapeur de 80 chevaux de force, agissant sur quatre corps de pompes de $0^m,35$ de diamètre, il ne fut pas possible, il y a environ dix ans, de les dominer, et d'atteindre, à la profondeur de 20 mètres, des bancs solides et imperméables aux eaux sur lesquels on peut s'asseoir et picoter. On dut donc, à cette époque, renoncer à l'approfondissement d'un puits jugé utile en ce point.

On a entrepris de nouveau, vers le milieu du mois d'octobre dernier, le creusement d'un puits dans cette même région et, par l'emploi d'un pro-

le départementde Maine-et-Loire, par M. *Triger*, ingénieur civil, en vue de faire un puits à travers des sables d'alluvion qui, dans les îles nombreuses semées en quelque sorte dans le lit de la Loire qu'elles divisent fréquemment en plusieurs branches, forment au-dessus des roches solides une nappe de 15 à 16^{m} d'épaisseur en communication directe avec le fleuve par de faciles infiltrations. Toutefois, si le principe du procédé suivi sur la Loire et dans le Nord est identique, il a fallu en raison des circonstances locales et surtout de la nature du terrain, modifier dans le Nord beaucoup de choses dans l'exécution. Ainsi, dans le département de Maine-et-Loire on a, pour traverser les sables, employé, en guise de puits, un tube ou cylindre en tôle de 1^{m},50 de diamètre, qu'on chassait à coups de mouton à travers le dépôt alluvial. Dans le Nord c'est un puits de grandes dimensions qu'il fallait; on ne pouvait songer à enfoncer un tube de 3^{m} de diamètre à travers les bancs crayeux; on voulait faire un puits cuvelé composé de cadres jointifs dans le système ordinaire.

Voici le procédé dans tous ses détails.

Le principe en est simple : au lieu d'extraire l'eau de l'excavation que l'on fait dans le terrain, pour la maintenir à sec et permettre aux ouvriers de travailler, on foule de l'air au moyen d'une pompe à air dans cette même excavation, de manière à repousser l'eau dans le terrain par les conduits qui l'ont amenée; on la maintient ainsi en équilibre par la force élastique de l'air comprimé.

Pour obtenir ce résultat, et tout à la fois permettre la manœuvre se rapportant à l'entrée et à la sortie des ouvriers dans l'appareil, et à la sortie des déblais provenant du creusement de la fosse,

on fait usage d'un cylindre en fonte de 2 mètres de diamètre et de $3^m,60$ de hauteur : c'est le *sas à air.*

Il est fermé en haut et en bas.

Les pièces essentielles appliquées à ce cylindre (*aaaa*) sont les suivantes (voir *Pl. III*, *fig.* 1 à 4) :

1° Une soupape de sûreté (*b*) ;

2° Deux portes ou clapets (*c*, *d*) s'ouvrant à charnière du dehors en dedans pour celle du dessus, du dedans en dehors pour l'autre, et appliquées aux bases supérieure et inférieure du sas ; ces portes sont rectangulaires et de dimensions convenables pour livrer passage aux hommes et à des caisses prismatiques à base rectangulaire, de la capacité d'un demi-hectolitre environ, destinées à la sortie des déblais ;

3° Un tuyau (*e*) d'introduction de l'air dans l'appareil.

Ce tuyau, qui traverse le sas et dépasse de 2 décimètres seulement sa base inférieure, est en communication avec une pompe à air à double effet, mue par une machine à vapeur de la force de 14 chevaux.

Le diamètre du piston de la pompe à air est de $0^m,41$; la longueur de la course est de $0^m,90$.

Ce même tuyau est muni d'un robinet (*g*), dont l'office est de maintenir la pression dans l'appareil en cas d'accident ou de réparation au cylindre soufflant ;

4° Deux robinets (*h*, *h'*) appliqués aux bases supérieure et inférieure du sas, et destinés à sa manœuvre ;

5° Un tuyau (F), qui traverse le sas et descend jusqu'au fond de l'excavation, destiné dans certains cas à l'ascension de l'eau pour favoriser le

dégorgement du fond du puits et mettre le terrain à sec.

A ce tuyau est adapté un robinet (*j*), qu'on ouvre lorsqu'on veut laisser échapper de l'eau;

6° Pour l'ascension des déblais provenant de l'excavation au moyen des caisses prismatiques dont nous avons parlé, on a établi dans le sas à air un petit treuil (*i*) disposé comme l'indique la fig. 3, et un plancher (*t*) muni d'une ouverture quadrangulaire supporte les hommes chargés de la manœuvre du treuil. Sur ce plancher, on dépose aussi une partie des caisses pleines de déblais avant de les monter au jour.

L'appareil étant connu dans ses diverses parties, il est aisé de comprendre comme s'en fait la manœuvre. Supposons le travail en marche : le fond du puits est à sec; les ouvriers sont au fond qui travaillent et excavent. Dans de telles circonstances, la porte supérieure (*c*) est fermée, l'inférieure (*d*) est ouverte; le robinet (*h*) de la base supérieure du sas est fermé; l'état du robinet inférieur (*h'*) est indifférent. Inutile de dire que le robinet (*j*) de la colonne ascendante est fermé.

Les déblais provenant de l'excavation étant montés au moyen du treuil (*i*) et des caisses prismatiques, et celles-ci disposées ainsi qu'il a été dit tout à l'heure sur le plancher (*t*); les ouvriers de la pose ayant alors fini leur tâche, il s'agit de monter au jour les caisses pleines pour leur en substituer de vides, et de remplacer les ouvriers par un nouveau poste. Pour cela faire, on ferme la porte (*d*) inférieure du sas, on ferme le robinet inférieur (*h'*), et on établit, en ouvrant un peu le robinet supérieur (*h*), une communication entre le sas et l'atmosphère. Alors l'air comprimé du

sas, en vertu de son excès de pression sur l'air atmosphérique, se dégage avec force en produisant un sifflement aigu et prolongé. On ouvre de plus en plus le robinet (*h*). Au bout de quinze à vingt minutes l'équilibre est complétement établi entre la pression extérieure et intérieure du sas; la porte (*c*) s'ouvre par son propre poids; et les ouvriers sortent du sas.

Au moyen d'un tour *i'* établi à l'extérieur, on fait monter les caisses pleines de déblais.

On les remplace immédiatement par d'autres caisses vides, et les ouvriers du nouveau poste descendent dans le sas. On fait alors une manœuvre inverse : on ferme la porte supérieure (*c*); on ferme le robinet (*h*), et on ouvre graduellement le robinet inférieur (*h'*). Instantanément l'air comprimé de la fosse s'élance par cette issue dans le sas, où la pression va croissant graduellement jusqu'au moment où l'équilibre est établi entre le dessous et le dedans du sas. En cet instant la porte inférieure (*d*) s'ouvre par son propre poids, et les ouvriers descendent par des échelles au fond du puits.

Aussi bien pendant le temps que dure la manœuvre que nous venons d'expliquer, qu'avant ou après, toujours en un mot, ou plutôt tant qu'on veut tenir le puits à sec, la machine doit marcher, et la pompe doit envoyer de l'air par le tuyau d'introduction. Dès qu'il y a interruption dans cette émission, l'eau monte dans le puits; mais elle monte avec lenteur, maintenue qu'elle est par la force élastique de l'air. S'il n'y avait aucune issue pour celui-ci, l'équilibre établi entre la pression de l'air et celle de l'eau serait permanent, et sans nouvelle émission d'air le puits resterait à

sec. Mais les pertes qui se font à travers les pores du terrain par le fond et latéralement sont très-considérables. Elles peuvent être mesurées par la quantité d'air qu'il est nécessaire d'expédier sans cesse dans le puits pour y maintenir une pression constante. Or cette quantité varie essentiellement avec la profondeur à laquelle on est parvenu. Ainsi lorsque le manomètre accusait 1 $\frac{1}{4}$ atmosphère de pression, le nombre de coups de piston du cylindre soufflant nécessaire pour maintenir le puits à sec était de cinquante à très-peu près, tandis qu'il était de quatre-vingts lorsque la pression accusée au manomètre était de 2 $\frac{1}{2}$ atmosphères. Cela revient à dire qu'il se perdait environ 5,85 mètres cubes d'air par minute dans le premier cas, et 9,36 mètres cubes d'air dans le second.

Dans l'explication que nous venons de donner tout à l'heure de la manœuvre habituelle des parties essentielles de l'appareil, ne se trouve pas indiqué l'usage du tube ascendant (*j*). Ce tube ne sert, en effet, que lorsque, par quelque accident, par un arrêt de la machine soufflante, ou pour une cause quelconque, l'eau étant montée à une certaine hauteur dans le puits, on veut le remettre à sec. En faisant agir la machine soufflante, l'on refoule bien l'eau dans les conduits qui l'ont amenée, mais parfois lorsque les terrains sont *peu ouverts*, peu fissurés, ce refoulement se fait avec beaucoup de lenteur. Dans ce cas on ouvre le robinet (*j*), et l'eau pressée à sa surface s'élève dans le tube, et se trouve ainsi expulsée avec plus de rapidité hors du puits.

Il semblerait qu'il y a désavantage à procéder à l'expulsion de l'eau de cette manière, parce qu'il faut surélever l'eau de près de 4 mètres, par rap-

port à son niveau naturel, pour la faire dégorger hors du sas; il n'en est pourtant pas ainsi, et l'on parvient, par un artifice fort ingénieux, à faire monter l'eau même à une hauteur notablement supérieure à celle que représente la pression manométrique. Ce moyen consiste à pratiquer dans le tube de dégorgement, dans la portion qui avoisine le niveau de l'eau et un peu au-dessus de celui-ci, des petits trous par lesquels une certaine quantité d'air se dégage. En se dégageant avec rapidité, ce courant d'air entraîne l'eau; et de plus il se produit ainsi dans le tube, à la faveur des nombreuses bulles d'air qui y circulent, un milieu dont le poids spécifique moyen est moindre que celui de l'eau.

En bouchant avec de l'argile successivement un plus ou moins grand nombre de ces petits trous, et observant l'effet produit, c'ést-à-dire l'abaissement progressif de l'eau, l'ouvrier chargé de ce soin arrive avec promptitude et facilité à déterminer la quantité précise d'air qu'il faut, pour une profondeur donnée, laisser entrer pour produire le maximum d'effet.

Nous avons à expliquer maintenant de quelle manière s'exécutent l'approfondissement et la pose successive des cadres de cuvelage dans le travail que nous décrivons.

Dans l'approfondissement des puits à travers les niveaux, tels qu'ils s'exécutent habituellement dans le Nord, la pression de l'eau, qui s'exerce du dehors en dedans par rapport au pourtour du puits, tend à serrer les joints des pièces du cuvelage, à les rendre imperméables. Ici l'inverse a lieu : la pression transmise ayant lieu du dedans en dehors, tend à disjoindre les pièces, et par con-

séquent à faciliter les fuites d'air à travers le terrain. Pour la même raison, *la clef* ou pièce de cuvelage qui, en raison de sa forme, laquelle est en rapport avec sa destination, tend à presser les unes contre les autres les pièces du cuvelage, dans le sens vertical, quand la pression s'exerce du dehors au dedans, la clef, disons-nous, ne peut produire aucun effet quand la pression s'exerce en sens inverse, et elle tend même à sortir de son emboîtement.

Il a donc fallu relier entre elles les dix pièces qui composent chacun des cadres, au moyen de bandes de fer placées dans les angles; et quant aux clefs, pour les empêcher de rentrer, on leur adapte une traverse en fer verticale, boulonnée à leur centre, et qui s'appuie aux deux cadres supérieurs et inférieurs, lesquels les maintiennent.

Malgré les ferrures, la pression qui s'exerce sur les éléments du cuvelage les disjoint, et l'air s'échapperait avec force et rendrait l'opération impraticable, si on ne garnissait les angles d'argile compacte, qu'on tamponne soigneusement dès qu'une fuite s'y produit, ce qui est annoncé par un sifflement aigu.

Supposons le cuvelage placé jusqu'à une certaine profondeur, voici de quelle manière se continue l'approfondissement. Les ouvriers excavent comme à l'ordinaire au pic, à l'aiguille, à la pince : les roches étant très-fissurées, le travail d'excavation est facile. Sitôt que l'excavation a mis à nu sur tout le pourtour du puits, et sur un diamètre suffisant, une hauteur de roche de 35 à 40 centimètres, on tapisse le terrain d'une couche de 10 à 20 centimètres d'argile compacte (diève), et sur cette paroi artificielle on applique une garniture (déca-

gonale comme le cuvelage) de planches de hêtre ayant 5 à 6 centimètres d'épaisseur.

Lorsqu'on a creusé ainsi un peu plus d'un mètre au-dessous du dernier cadre, on pose le cuvelage, en armant les pièces qui le composent de ferrures, ainsi qu'il vient d'être dit, et en garnissant de diève tous les angles et tous les interstices.

A la partie supérieure du puits, c'est-à-dire immédiatement au-dessous du sas à air, on a pratiqué au moyen de cadres qui forment des retraites successives (de manière à rejoindre à 4 mètres au-dessous de la base inférieure du sas, le puits dans sa grandeur), un épais fourreau intérieur d'argile, destiné à prévenir autant que possible toute fuite d'air.

Le travail s'est fait par ces moyens, et avec ces précautions, avec assez de facilité jusqu'à la profondeur de 17 à 18 mètres au-dessous du sol. Lorsqu'il est parvenu à ce point, où le manomètre placé dans le sas indiquait 2 atmosphères $\frac{6}{10}$, quelques accidents se sont produits : tout l'appareil supérieur, le sas et tout ce qu'il renfermait, a été ébranlé, dérangé de sa position, un peu soulevé même. L'air s'est fait jour avec force par les fissures formées par ce dérangement, et a produit une sorte de tourmente violente et instantanée, dans laquelle une partie notable du fourreau d'argile a été projetée, en se faisant jour autour du puits dans un diamètre de 10 à 12 mètres par des fissures du terrain, entraînée par l'air dont on continua depuis lors à apercevoir le continuel bouillonnement en divers points du sol.

On a dû remettre le sas d'aplomb, et on a pris soin de l'amarrer au cuvelage inférieur au moyen de tirants en fer; on a réparé en descendant les

parties du cuvelage un peu disjointes, on a refait avec soin le fourreau supérieur d'argile, en vidant successivement le puits par le concours des procédés décrits ci-dessus, et on est ainsi parvenu à reprendre l'approfondissement qu'on a mené jusqu'à 20 mètres. A cette profondeur on a pu établir solidement, comme nous l'avons déjà dit, une trousse à picoter, sur laquelle le cuvelage a été assis.

A ce point du travail, on avait triomphé des difficultés qu'on essayait de vaincre par le procédé que nous venons de décrire, et contre lesquelles une première fois on avait échoué. L'expérience tentée avait réussi, le problème était complétement et utilement résolu. Les niveaux inférieurs n'offrent plus rien d'effrayant, et l'on pourrait continuer le creusement de la fosse par le simple secours de la machine de 14 chevaux qui a servi à donner le mouvement au cylindre soufflant. On a donc démonté l'appareil à air comprimé, et on s'occupe en ce moment de disposer tout ce qui est convenable pour que l'approfondissement puisse se faire au moyen de tonnes.

La pression la plus considérable à laquelle ait été porté l'air sur la fin du travail est 3 atmosphères (2 atmosphères effectives); et les faits qui ont accompagné l'enfoncement, les accidents qui se sont produits, l'état des ouvriers, nous portent à croire qu'on était parvenu à la limite, ou bien près de la limite à laquelle, dans les circonstances de terrain ou autres qui se présentent à Douchy, il soit possible d'atteindre par le procédé de l'air comprimé.

Il nous reste pour compléter ce rapport à relater quelques effets physiques ou physiologiques,

qui se manifestent dans le travail à l'air comprimé.

Au moment où l'on a pris place dans le sas à air, et tout aussitôt que la communication avec l'air extérieur étant interceptée, on ouvre le robinet inférieur, on éprouve instantanément sur le tympan auriculaire une impression pénible, une sorte de bourdonnement douloureux. Cette sensation dure 20 ou 30 secondes tout au plus ; on en amoindrit la durée en ayant le soin d'aspirer avec force, d'inglutir fréquemment et rapidement sa salive. Cette sensation passée on n'éprouve plus de douleur, ni même de gêne sensible, tout le temps qu'on passe dans l'air comprimé. Nous y sommes resté deux heures consécutives sans y souffrir le moins du monde. Les ouvriers y passent six heures de suite sans y éprouver de gêne. Toutefois on respire, paraîtrait-il, avec plus de difficulté qu'à l'air libre. Cette difficulté ne se manifeste que par l'espèce de mieux être qu'on éprouve lorsque, pour se préparer à la sortie, on repasse, dans le sas, de l'air comprimé à un air plus raréfié.

Au milieu de l'air comprimé à 2 $\frac{1}{2}$ et 3 atmosphères, on reconnaît qu'on est placé dans des circonstances physiologiques exceptionnelles lorsqu'on essaye d'émettre un son.

Vainement essaye-t-on de siffler, la colonne d'air ne peut être mise en vibration ; et pour parler il faut faire un certain effort. Il nous a semblé aussi que dans l'échelle diatonique la voix perdait un ton ou un ton et demi dans les notes aiguës sans les regagner dans le bas.

Le mouvement circulatoire du sang ne paraît être ni accéléré ni ralenti par la pression de l'air dans lequel on se trouve ; du moins nous sommes

fondé à le penser. Nous avons compté le nombre de pulsations battues par le directeur de l'établissement et par le contre-maître, qui nous ont accompagné dans l'une de nos visites, avant d'entrer dans le sas et une heure après avoir séjourné dans de l'air comprimé à 2,6 atmosphères; nous n'avons trouvé aucune différence. Nous avons observé le même fait sur nous-même.

Lorsque, pour remonter au jour, on est placé dans le sas à air, à l'instant même où l'on ouvre un tant soit peu le robinet de communication du sas avec l'air extérieur, le cylindre se remplit d'un brouillard intense, et l'on éprouve un froid assez sensible; effets qui s'expliquent naturellement par la déperdition de chaleur que subissent les corps baignés dans l'air qui tend à se raréfier jusqu'à ce que l'équilibre de pression se soit établi de l'intérieur à l'extérieur.

Si les effets de l'air comprimé ne se manifestent pas sur l'économie animale tout le temps qu'on y est plongé, du moins dans la durée d'une pose d'ouvrier, il n'en est pas tout à fait de même si l'on cherche à envisager ces effets, abstraction faite du moment. Des renseignements que nous avons recueillis à cet égard, nous nous croyons en droit de conclure que des hommes jeunes et très-robustes peuvent seuls résister pendant quelque temps au travail dans l'air comprimé. La plupart des ouvriers qui ont été occupés à ce travail à Douchy, quoique choisis parmi les plus robustes et les plus sains de l'établissement, ont ressenti fréquemment, quelques heures après en être sortis, soit des pesanteurs de tête, soit des douleurs dans les membres. Un d'eux seulement a éprouvé une perclusion absolue des bras et des jambes pendant

douze heures. Le directeur de la mine nous a affirmé avoir remarqué que les effets ressentis par les ouvriers à la suite de leur travail dans l'air comprimé coïncidaient presque toujours avec quelque excès commis dans l'intervalle des poses par ceux qui ressentaient ces effets fâcheux. Aussi recommandait-il la plus grande tempérance en toutes choses aux hommes travaillant dans l'air comprimé. — Du reste ces douleurs, légères ou fortes, ont toujours cédé à des frictions faites avec un spiritueux quelconque.

Ces effets plus ou moins fâcheux variaient suivant la constitution de l'individu. Par notre propre expérience nous sommes en mesure d'affirmer qu'un séjour quelque peu prolongé dans l'air comprimé est de nature à occasionner des perturbations plus ou moins graves dans l'économie animale.

A la suite de notre première visite des travaux nous n'avons rien éprouvé; mais le lendemain de notre visite du 5 décembre des douleurs nous sont survenues dans le côté gauche, et nous avons ressenti une gêne douloureuse assez grande pendant plusieurs jours de suite. Comme un refroidissement, ou quelque autre cause étrangère à l'air comprimé, pouvait avoir agi, lorsque nous avons été complétement délivré de ces douleurs, le 28 décembre, nous avons tenu à recommencer l'expérience, et nous avons pris à la sortie du puits les plus grandes précautions pour nous mettre à l'abri de tout refroidissement. Malgré ces précautions, le lendemain très-sensiblement à la même heure, à savoir vingt heures environ après notre sortie du milieu d'air comprimé, nous avons ressenti dans le côté droit des douleurs tout à fait semblables

aux premières, et qui nous ont tenu engourdi pendant quatre à cinq jours. Après cette double concomittance d'effets, nous pensons être suffisamment autorisé à considérer notre séjour dans l'air comprimé comme nous ayant occasionné la double perturbation que nous venons d'indiquer.

M. l'ingénieur Comte nous a dit avoir ressenti à la suite des visites qu'il a faites au puits de Douchy, des pesanteurs de tête plus ou moins persistantes, et avoir conservé assez longtemps une extrême sensibilité, une sorte de susceptibilité des organes de l'ouïe qui lui occasionnait une douleur plus ou moins vive, à la perception d'un bruit sec et subit.

En résumé, des faits que nous avons développés dans ce rapport ressortent les conséquences suivantes, savoir :

1° Que le procédé de l'air comprimé peut être employé utilement et économiquement pour traverser les nappes d'eau abondantes qui, dans le Nord, sont fréquemment répandues dans les bancs supérieurs du terrain crétacé, et rendent si difficile et si dispendieuse la traversée de ces bancs par des puits de mines;

2° Qu'avec le secours et l'emploi d'argile compacte, dont on tapisse les interstices du terrain, puis les angles des cadres, on peut faire usage des puits cuvelés en bois de grandes dimensions tels qu'ils sont depuis longtemps employés avec succès par les mineurs du Nord;

3° Que la condition nécessaire pour que le procédé dont il s'agit soit applicable, c'est que la profondeur maximum à traverser au-dessous du niveau naturel des eaux pour atteindre un banc com-

pacte et imperméable à l'eau, sur lequel on puisse s'asseoir, soit de 20 mètres;

4° Que les ouvriers, pourvu qu'ils soient d'une constitution robuste, et qu'ils vivent avec tempérance, peuvent sans crainte bien sérieuse de malaises graves et persistants, travailler dans de l'air comprimé à deux atmosphères effectives, du moins pendant un certain temps, qui semble pouvoir atteindre un ou deux mois.

L'introduction du procédé que nous venons de décrire doit donc être considérée comme un très-utile perfectionnement à l'art de percer les puits à travers les couches très-aquifères, et la Cie de Douchy, qui l'a importé et a démontré son utile application dans le bassin houiller de Valenciennes, a rendu un important service aux exploitants du nord de la France.

MÉMOIRE

Sur la constitution géologique du Chili;

Par M. IGNACE DOMEYKO, Professeur de minéralogie et de géologie au Collége de Coquimbo (Chili).

§ I. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU SYSTÈME DES ANDES ET DES TERRAINS QU'IL TRAVERSE SOUS LA LATITUDE DE COPIAPO.

La baie de Copiapo (*Pl. IV*) se trouve dans un terrain granitique recouvert par des couches tertiaires très-modernes, les mêmes qui composent des plaines à double et triple étages à toutes les embouchures de rivières au Chili. L'entrée du port est rendue difficile par la présence d'une rangée de rochers granitiques qui rétrécissent cette entrée, et qui s'élèvent à peine au-dessus du niveau de la haute marée. La mer y est presque toujours houleuse, et le port n'est pas suffisamment abrité contre les vents du Nord.

On débarque dans la partie méridionale de la baie, loin de l'ancienne embouchure de la rivière, qui ne présente actuellement qu'un lit sablonneux complétement à sec, et on ne trouve de l'eau douce qu'à une distance de 3 à 4 lieues du port. On y voit cependant un joli petit village bâti sur une terrasse de dépôts tertiaires, des magasins pour le bois, les vivres et les minerais, et on y compte une centaine d'habitants.

Vis-à-vis ce village, et de l'autre côté de la baie, on voit une haute montagne granitique noire, Morro de Copiapo, entièrement isolée des autres; et toute la côte de cette baie, sur un rayon

de 8 à 10 lieues, ne présente qu'un vaste désert, une plaine tertiaire à couches horizontales, qui s'étend jusqu'au pied des premiers chaînons de masses granitiques, basses et arrondies, renfermant des mines d'or et de cuivre. On voit aussi, au milieu de la plaine et à de grands intervalles, des collines dioritiques bien arrondies, dont les sommets marquent l'existence des anciennes îles qui existaient lors de la submersion de cette plaine sous l'Océan.

Terrain tertiaire.

Le terrain tertiaire près du village se compose en majeure partie de sables, mélangés de débris de coquilles et de graviers; et ce n'est que loin de la côte (à peu près à 2 lieues de la mer), à la partie supérieure du système, et à la surface même de la plaine, qu'on trouve des couches solides calcaires et coquillères, renfermant des espèces que la mer rejette encore actuellement sur la plage (1).

Granite.

Le granite de la côte a, en général, le même aspect et la même composition que les diorites des environs de Freyrina, de Coquimbo, de Tongoy, etc. On peut dire qu'il est identiquement le même que celui des montagnes de Carrisal, San Juan, La Higuera, célèbres par leurs mines de cuivre. Ce granite, à partir de Ramadilla, présente en général un grain de plus en plus fin, et il se transforme, à la hauteur de Chamunate, en une roche compacte, fendillée en tous sens, euritique. En même temps les montagnes deviennent de plus en plus escarpées, et sont traversées par des *dykes* et gros filons pierreux, contournés. On ne voit sur

(1) Je me propose de décrire plus loin (§ II) les terrains tertiaires de la côte en parlant de la constitution géologique des terrains situés sous la latitude de Coquimbo.

leurs flancs noirs et arides que des masses irrégulières de sables blancs et jaunâtres que les vents du Sud apportent continuellement de la côte et étendent par lambeaux sur les inégalités de leurs surfaces.

De nombreuses mines d'or et de cuivre ont été autrefois exploitées dans ces montagnes, et on y compte des centaines de filons qui ont été abandonnés depuis que la découverte des mines d'argent, dans le haut des Andes, y attire l'attention et l'activité des mineurs. C'est dans ces masses granitiques associées aux roches porphyriques et feldspathiques compactes, qu'on est encore en train d'exploiter les mines de las Animas, del Salado, de las Lechusas du côté du Nord, et celles de la Quebrada Seca et beaucoup d'autres du côté du Sud.

La ville de Copiapo doit son importance et toute sa richesse aux mines qu'on exploite dans ce département. C'est presque la seule branche d'industrie qu'on y connaisse; car, du reste, tout le département de Copiapo, dont cette ville est la capitale, et qui s'étend depuis le désert d'Atacama jusqu'au port de Totoralillo, et depuis la mer jusqu'à la ligne des faîtes des Cordillères, ne forme qu'un vaste désert, au milieu duquel on ne voit que quelques parties fort étroites de la vallée de Copiapo qui soient cultivées. Cette vallée même ne commence à être productive qu'à une douzaine de lieues de la mer, et redevient déserte, incapable de culture, à la hauteur de 2.400 mètres, à peu près à 50 lieues du port de Copiapo. En revanche, c'est le département du Chili le plus riche en mines de toute espèce, et on peut dire qu'il n'y a pas une seule montagne qui, par la nature du ter- Ville de Copiapo.

rain qui la compose, ne donne des motifs pour la recherche des filons métallifères. Il est cependant nécessaire d'ajouter que toutes les mines qui ont été découvertes, exploitées et abandonnées, ou qui sont actuellement exploitées dans ce département, ne dépassent pas la hauteur de 1.500 mètres au-dessus du niveau de la mer, et se trouvent dans une bande de terrains qui n'a que 12 à 15 lieues de largeur à partir de la côte, sans qu'on ait pu découvrir jusqu'à présent un seul filon de quelque importance dans la partie haute des Andes.

On compte trois époques dans l'histoire de l'industrie minérale de Copiapo. D'abord, du temps des premiers conquérants et sous le régime colonial espagnol, on n'y travaillait que des mines d'or. Il paraît qu'on avait trouvé des quantités immenses de ce métal aux affleurements des filons. On y parle encore de ces vieux temps où l'on pesait l'or à la romaine et où le travail était à bon marché. Secondement, vers la fin du dernier siècle, l'épuisement des principaux filons aurifères, ou plutôt l'appauvrissement des minerais dans la profondeur (fait généralement observé dans toutes les mines d'or du Chili); ensuite, la découverte des mines de cuivre (dont les filons se trouvent dans les mêmes localités que les filons d'or); celle enfin de quelques mines d'argent, firent abandonner les mines d'or, et on commença à s'appliquer à l'extraction du cuivre et de l'argent. Cette époque s'est prolongée encore pendant quelques années après la guerre de l'indépendance; et la troisième époque, la plus brillante de toutes, ne date que d'une douzaine d'années, c'est-à-dire de la découverte des mines de Chañarcillo.

D'après un relevé des mines du Chili fait par

l'ordre du gouvernement espagnol en 1806, et exécuté par les députés des divers départements sous la direction de Don Juan Egaña, homme de beaucoup de mérite et de savoir, on voit qu'à cette époque on n'exploitait dant tout le département de Copiapo que 7 mines d'argent (dans les montagnes de Zapallar, Chanchoquin, de la Cabeza de Vaca et de Cerro Blanco), dont les minerais ne donnaient, terme moyen, que 32 marcs d'argent au caisson (64 quintaux), et dont aucune ne se trouve actuellement exploitée. En outre, on exploitait encore dans ce même département treize mines d'or et quatre de cuivre. Les minerais d'or donnaient, terme moyen, pour 58 piastres d'or par caisson (ce qui revient à peu près à 20 castillanos, c'est-à-dire à 2 dixièmes de livre d'or par 64 quintaux). Quant aux minerais de cuivre, on n'extrayait que des minerais oxydés, ou autres contenant au moins 30 p. o/o de cuivre. Il y avait à la même époque trois usines pour fondre le cuivre (à Yerba Buena, Potrero Grande et Ramadilla) et neuf *Trapiches* ou moulins à eau pour moudre les minerais d'or et d'argent.

On exploite actuellement dans ce département de nombreuses mines d'argent dans les montagnes de Chañarcillo, Bandurrias, Algarrovito, Pajonales, San-Antonio, Punta Brava, Petacas, Ladrillos, Pampa Larga et Garin; et on poursuit les travaux d'exploitation avec beaucoup d'activité dans plus de soixante mines d'argent, dans la première seulement de ces montagnes. Ce qu'il y a en outre de remarquable, c'est que la loi des minerais qu'on en extrait, et dont la plus grande partie se traite dans les ateliers d'amalgamation de Copiapo, dépasse presque toujours 0,005 (environ 60 marcs au caisson), et on m'a assuré qu'il

ne serait pas possible d'y extraire les minerais de moindre loi que 50 marcs au caisson, à cause de la cherté des vivres et de la main-d'œuvre. — On exploite en outre dans ce même département plus de cinquante mines de cuivre, dont les plus importantes se trouvent dans les montagnes de Checo, el Cobre, Ojanco, Lechusas, Puquios, Quebrada Seca, Zapallo, Cerro Blanco et el Salado. On a extrait de ces mines, dans les dix dernières années, depuis 1832 à 1842, 2.009.707 livres de cuivre en barres, et 70.000.000 livres de minerai de cuivre cru qu'on exporta en Angleterre, et dont la loi moyenne a été d'environ 23 à 25 p. 0/0.

On a exporté, en 1843, par le port de Copiapo: 35.150 marcs d'argent, à quoi on doit ajouter 52.281 marcs d'argent qui ont été exportés par la douane de Valparaiso, et qui provenaient des mines de Copiapo; et 107.705 quintaux de minerais crus et de mattes de cuivre : (voir Compte rendu du ministre Irrarázabal, en 1844).

Le centre de cette industrie minérale, l'endroit où se font les marchés et où on amalgame la majeure partie de minerais d'argent, est la ville de Copiapo. On y compte actuellement trois machines d'amalgamation composés de tonnes à fonds en fonte, une autre pour le traitement en grand des résidus d'amalgation, et beaucoup d'autres ateliers pour l'amalgamation américaine ordinaire (huitrones), des moulins pour moudre les minerais, etc.

Le fond de la vallée où se trouve bâtie la ville de Copiapo est creusé dans les diorites; mais au-dessus de ces roches, on voit déjà au sommet des montagnes qui ombragent la ville du côté du Nord, quelques indices de stratification dans les porphyres qui les recouvrent.

En allant de cette ville vers les Cordillères, la vallée s'élargit et se dirige au S.-E.; on traverse un joli village nouvellement bâti, nommé Pueblo de los Indios, qui se trouve à l'endroit où les *conquistadores* trouvèrent une nombreuse population indienne. A 2 lieues de la ville, la principale vallée se rétrécit et tourne au Sud, laissant à gauche une large vallée qui se dirige vers le N.-N.-E., et qu'on nomme Quebrada de Paypote. C'est par cette dernière Quebrada, complétement sèche, aride, couverte de sable, que passe le chemin principal du désert d'Atacama.

Ce désert, qui occupe tout le pays littoral de l'océan Pacifique depuis Copiapo jusqu'à Cobija, et depuis la mer jusqu'au faîte des Cordillères, est peu connu, et n'a été jusqu'à présent visité, à ce que je sache, par aucun géologue. D'après les renseignements que j'ai pu recueillir des gens de Copiapo, il y a trois chemins pour traverser ce désert. Le premier, qui est celui de la côte, est presque impraticable pour les voyageurs : on n'y trouve que des eaux stagnantes salées et point d'habitations, excepté un petit endroit nommé Paposo, habité par une centaine d'Indiens parlant espagnol, et qui se trouve à peu près à moitié du chemin entre Cobija et le port de Copiapo, sur une ligne qui embrasse plus de deux degrés de latitude. On passe dans ce trajet près des mines de cuivre de las Animas, de Pueblo-Hundido, del Salado, situées à l'extrémité méridionale du désert, et près des mines de Cobija, qui se trouvent déjà aux environs du port de ce nom. Par là aussi doivent se trouver les masses de fer météoriques et les sables verts d'atacamite. Désert d'Acatama.

Le second chemin, ou le chemin du milieu, est connu sous le nom de Camino Antiguo de los In-

cas. On prétend qu'il se dirige tout droit de Copiapo à l'ancienne petite ville d'Atacama, passant par des montagnes et les ravins, et qu'il fut construit par un des incas qui voulut visiter ce domaine conquis dans le Sud. Ce chemin n'est pas mieux pourvu de ressources que le précédent; et cependant c'est par là que tous les ans passent à pied plusieurs Indiens de Bolivie, hommes de petite taille et fortement bâtis, chargés de quelques drogues et résines de leur pays, qu'ils apportent pour les vendre dans le Chili.

Enfin le troisième chemin, le plus commode et probablement le plus intéressant pour le géologne, est celui qui passe par la Quebrada de Paypote, et par la partie élevée des Andes. Ce chemin n'est pas comme les autres dépourvu d'eaux douces et de pâturages pour les animaux. Il passe près des mines de los Puquios, puis par la ferme de Chañaral, située dans le rio Salado, où on voit une petite chaumière, quelques vignes et des figuiers. De là ce chemin va en remontant dans la direction N.-N.-E., et laisse à droite la montagne Cerro del Azufre, célèbre par une mine de soufre, de laquelle on extrait du soufre aussi pur que le soufre distillé artificiel, et où l'on trouve des masses de sel marin. A mesure qu'on avance, on continue à remonter le système des Andes, et on rencontre des sources d'eau douce à Doña-Ines, Encantadas, Baquillas, etc. Ce chemin, avant d'arriver à la ligne des faîtes, se ramifie en deux autres, dont l'un continue à longer la pente occidentale des Andes, et se dirige vers l'ancienne petite ville d'Atacama, située près du volcan de ce nom, tandis que l'autre traverse le sommet des Cordillères et va directement à Antofagasta, village situé sur la frontière de la Bolivie. On fait ce

voyage de Copiapo à Antofagasta en sept à huit jours, et c'est le chemin par lequel, selon toutes les probabilités, pénétrèrent pour la première fois, dans le Chili, les conquérants espagnols sous les ordres d'Almagro.

Retournons maintenant à notre Quebrada de Paypote, et poursuivons la description des terrains que nous avons interrompue pour indiquer une vaste région de montagnes qui n'a encore été étudiée par aucun géologue.

Mines d'argent de Ladrillos.

C'est à l'entrée, dans cet immense désert ou *despoblado*, par la vallée de Paypote, et à peine à une lieue de la vallée du rio de Copiapo, que se trouvent les mines d'argent de Ladrillos. La montagne qui les renferme se compose, à sa partie inférieure, de masses non stratifiées dioritiques; mais à la hauteur de 750 mètres au-dessus du niveau de la mer, on voit déjà dans cette montagne des couches stratifiées, régulières, inclinées à l'ouest, plongeant à l'est, et présentant de beaux escarpements de terrains secondaires tournés du côté de l'ouest.

Ces escarpements se prolongent dans la direction N.-S., ou plutôt dans celle N.-N.O., S.-S.-E; ils coupent la vallée de Copiapo à peu près à 5 lieues de la ville, et courent directement à la montagne de Chañarcillo, de là aux mines d'argent d'Algarrovito, etc. C'est par ici que passe la ligne principale du contact de deux terrains, c'est-à-dire du terrain granitique de la côte et du terrain stratifié des Andes.

Si l'on s'arrête à examiner la nature des roches qui entrent dans la composition de Cerro de Ladrillos, on retrouve encore au pied de cette montagne la même diorite que nous avons vue depuis le port de Copiapo jusqu'à la ville. Cette

roche, à mesure qu'on s'élève, passe aux roches homogènes, compactes, euritiques et aux porphyres amphiboliques, qui se fendent en prismes souvent très-réguliers. Ces roches encaissent des filons d'or et de cuivre de la même nature que tous ceux des mines d'or et de cuivre de la côte. Plusieurs de ces filons avaient été exploités dans le temps, mais ils sont tous abandonnés à l'époque actuelle.

Cette partie basse de la montagne, appartenant au groupe des terrains de la côte, est encore à pentes douces et arrondies, comme celles de la majeure partie des montagnes granitiques. Mais à mesure qu'on s'élève, la nature des roches change: ces masses compactes euritiques, noirâtres, changent d'aspect, présentent des divisions par strates, commencent à faire effervescence avec les acides, et la pente de leurs escarpements augmente rapidement : en même temps la nature des filons varie, leurs gangues deviennent calcaires, et leurs minerais argentifères.

Les premiers affleurements de ces filons se montrent à la hauteur de 760 mètres au-dessus du niveau de la mer, et on les a vus produire du chloro-bromure d'argent et de l'argent métallique, disséminés en particules extrêmement fines; mais ces premiers filons changent immédiatement de nature en profondeur, et deviennent déjà stériles ou pyriteux à quelques mètres de distance de la surface.

Il n'en est pas ainsi des filons qu'on rencontre dans la partie haute de la même montagne, là où elle change entièrement d'aspect et de nature, en devenant stratifiée. On y remarque surtout deux grands filons qui avaient été exploités avec avantage par les premiers propriétaires de ces

mines. Celui qu'on considère comme le plus important de tous, nommé *Corride de la Descubridora*, court du S. 47° E. au N. 47° O., et plonge à l'ouest; il affleure sur une longueur de plus de 400 mètres. L'autre, de moins d'importance, nommé *Guia*, court du nord au sud, et plonge à l'ouest. Entre ces deux filons il y a beaucoup de veines qui se croisent en tous sens ou qui accompagnent les filons principaux.

Ces filons avaient d'abord produit beaucoup de minerai chloro-bromuré, semblable à celui de Chañarcillo; mais ils changèrent bientôt de nature, et arrivant à la profondeur de 8 à 10 mètres au-dessous de la surface, leur gangue devint siliceuse, contenant de l'argent natif antimonié, disséminé en particules très-fines, en fils et feuillets minces, accompagnés de sulfure d'argent et d'argent rouge arsénié. Ce minerai, changeant encore de nature à mesure qu'on descendait, devint de plus en plus arsénié et sulfuré, donna beaucoup d'arsenic natif, et on a remarqué qu'en pénétrant à une profondeur qui se rapprochait du contact des roches non stratifiées, on rencontrait des pyrites cuivreuses semblables à celles des mines de cuivre d'en bas. A côté du filon de la Descubridora, on a découvert un filon qui renfermait beaucoup d'arsenic natif testacé pur et très-compacte, très-pauvre en argent. Nous verrons que les mêmes minerais contenant de l'argent rouge mélangé d'arsenic natif, de sulfure d'argent et d'argent natif filiforme antimonié, se trouvent également dans les travaux inférieurs dans les mines de Chañarcillo, mais seulement à des profondeurs beaucoup plus considérables que dans les mines de Ladrillos; probablement parce que

le terrain stratifié de Chañarcillo a beaucoup plus d'épaisseur que celui de Ladrillos.

En général, tous les filons de cette montagne adhèrent à la roche encaissante, et atteignent rarement 7 à 8 décimètres de largeur. La partie métallique de ces filons s'y trouve très-irrégulièrement répartie.

Les mines de Ladrillos ont été découvertes en 1830, peu de temps avant la découverte de celles de Chañarcillo. Leur exploitation commença par promettre de très-grands avantages, et la seule mine la Descubridora, donna, durant les deux premières années, pour plus d'un million de francs d'argent. Mais bientôt après, la principale richesse qui se montrait vers les affleurements disparut, les travaux de recherche devinrent extrêmement coûteux à cause de la dureté de la roche et de la cherté de la main-d'œuvre, et enfin la découverte de Chañarcillo fit entièrement abandonner ces mines; de sorte qu'à l'époque actuelle il y a à peine trois ou quatre barretas (une dizaine de mineurs) qui poursuivent l'exploitation de quelques filons superficiels, et tous les anciens travaux sont abandonnés.

On doit regarder ces mines comme peu reconnues et comme méritant qu'on y consacre les fonds nécessaires pour leur exploitation. En effet, dans aucune de ces mines on n'a pénétré à plus de 20 à 30 mètres de profondeur au-dessous de la surface, et on n'y voit pas de galeries de recherche horizontales. La roche est tellement dure qu'on est obligé de payer 8 piastres par vare ($0^m,83$) au piqueur (barretero), outre la nourriture, et on paye à part le chargeur (apire). Lorsqu'on paye au mois, une *barreta*, c'est-à-dire un piqueur et un char-

geur, coûte environ 60 piastres par mois (y compris les outils, la poudre, etc.); un peu moins cher qu'à Chañarcillo.

En jetant encore un coup d'œil sur la composition de la montagne et les filons qui la traversent, je crois qu'on peut représenter tout ce groupe de terrains et leurs filons par la *fig.* 1, *Pl. V.*

En montant sur la crête d'une basse montagne située entre la mine de la Descubridora et celle de la Guia, on voit clairement de quelle manière la chaîne de ces escarpements du terrain stratifié se dirige au sud et tombe justement sur la montagne et les mines d'argent de Chañarcillo.

Redescendons maintenant dans la vallée de Copiapo, à l'entrée de la Quebrada de Paypote, et continuons notre voyage vers la Cordillère.

Ligne du contact des deux terrains.

Depuis cet endroit la vallée de Copiapo tourne au S.-S.-E., et comme la ligne de contact des roches stratifiées avec les granites court à peu près dans la direction du méridien magnétique, il en résulte que, pendant que les terrains stratifiés forment des montagnes sur la rive droite de cette vallée, leur ligne de contact avec les granites ne passe de l'autre côté de la vallée qu'à deux lieues plus haut, vis-à-vis d'une petite ferme nommée Tierra Amarilla. Tout ce terrain, stratifié, composé de roches compactes schistoïdes, de marnes argileuses, de gypses et de porphyres argileux, plonge à l'est, et on le voit, au fond de la vallée, s'appuyer sur les masses soulevantes granitiques. Je crois que l'épaisseur de ce terrain secondaire à cette première ligne d'escarpements ne dépasse pas 300 mètres.

Filon de sulfate neutre de fer.

Tout près du fond de la vallée, et sur l'escarpement de la rive gauche, en face de la ferme de Tierra Amarilla, affleure un filon pyriteux, con-

tenant beaucoup de sulfate de fer, de cuivre et d'alumine. On y trouve de beaux échantillons de sulfate violet, couleur d'améthiste, cristallisé en prismes à six pans, que M. Rose a reconnu être du sulfate neutre de fer (*Ann. des Mines*, 3e série, V, 570). Ce sulfate s'y trouve associé au sulfate bleu de cuivre et à un autre sulfate jaune de fer et d'alumine. Tous ces minéraux proviennent évidemment de la décomposition des pyrites cuivreuses près de la surface, et de l'action de ces mêmes sulfates sur la roche feldspathique qui leur sert de gangue. On sent l'odeur d'acide sulfureux à l'entrée de la mine, et les blocs de sulfate qu'on en retire conservent encore dans leur centre des parties pyriteuses non décomposées. Reste à remarquer que les deux éléments, cuivre et fer, qui se trouvent combinés à l'état de sulfure, dans ces pyrites, se séparent l'un de l'autre en se transformant en sulfates. La roche encaissante est compacte, homogène, siliceuse, renfermant des parties schistoïdes noirâtres, à cassure conchoïde imparfaite, et se cassant en fragments anguleux. Cette roche se trouvant à l'endroit où les deux groupes de terrain se touchent l'un à l'autre, il n'est pas facile de dire avec certitude à quel groupe de terrain elle appartient. Seulement par la ressemblance que présente cette roche avec quelques-unes de celles qu'on rencontre sur le chemin de Chañarcillo, dans le terrain stratifié, on est conduit à admettre que ce filon doit se trouver dans le terrain secondaire stratifié.

Cette mine avait été dans le temps exploitée pour ces mêmes sulfates qu'on employait comme magistral dans l'amalgamation des minerais sulfurés d'argent. On ne faisait pour cela que leur

faire subir un léger grillage afin de peroxyder le fer sans décomposer l'acide. Le filon se trouve actuellement abandonné parce que la majeure partie des minerais d'argent qu'on extrait des mines de ce département sont, ou des minerais chloro-bromurés, ou des minerais d'argent natif; et que dans les deux cas on les traite sans avoir recours au magistral.

A deux lieues de ce filon sulfaté, mais de l'autre côté de la vallée, on voit une montagne, Cerro del Cobre, qui s'élève du fond de cette même vallée, et se compose d'une masse soulevante dioritique, porphyroïde, traversée de filons de fer et de cuivre, renfermant des quantités considérables de fer magnétique et de minerai de cuivre oxydulé ferrifère (ziegelerz), des pyrites cuivreuses, etc. Cette montagne qui forme ici une espèce d'île granitique au milieu de terrains stratifiés, conserve tous les caractères du terrain de la côte, jusqu'à la nature des filons qu'elle renferme et qui sont de la même espèce que les mines de cuivre de la côte. Des strates réguliers secondaires recouvrent cette montagne jusqu'à une hauteur de 200 à 300 mètres au-dessus du fond de la vallée, et au pied de la montagne on voit des escarpements d'alluvions modernes en couches parfaitement horizontales. Ces alluvions marquent le niveau des eaux d'un lac, lequel, dans cet endroit, remplissait la vallée avant que les roches qui, à cette époque formaient une digue naturelle à 4 lieues plus bas (à l'endroit nommé la Angostura), fussent détruites par le temps ou par quelques secousses violentes. Ces alluvions présentent en même temps des doubles et triples étages de vallées, semblables à ceux des terrains tertiaires de la côte : de

Mines de cuivre du Cerro del Cobre.

sorte qu'on y voit un des cas très-nombreux dans les Cordillères, où il est facile de confondre des couches de sédiment de formation lacustre avec celles de formation marine tertiaires dues au soulèvement de la côte.

En portant la vue sur le Cerro del Cobre, en face de la ferme d'Antoco, on saisit d'un seul coup d'œil l'ensemble de la situation respective des trois différents terrains, qu'on pourrait représenter de la manière suivante (*fig.* 2, *Pl. V*):

(A) Couches secondaires composées en majeure partie de porphyres stratifiés et de roches compactes plus ou moins calcaires, dont j'aurai l'occasion de parler dans la suite. Les couches apparaissent de loin comme presque horizontales ou légèrement inclinées à l'ouest.

(B) Une partie de la montagne, composée des mêmes roches stratifiées que le terrain précédent, mais en couches beaucoup plus inclinées que celles de ce dernier terrain:

(C) Roche soulevante non stratifiée renfermant des mines de cuivre.

(D) Terrain de sédiments lacustres modernes, composé de couches de sables, de graviers et de blocs roulés.

Dès qu'on dépasse cette *masse granitique* du Cerro del Cobre, on ne voit des deux côtés de la vallée que le terrain stratifié. Un ravin, le Quebrada del Plomo, qui descend dans la vallée principale, près de la ferme d'Antoco, conduit aux mines d'argent de Pampa-Larga et de San-Felis, situées dans le même terrain secondaire, et dont les minerais sont très-arsénifères. A trois lieues de l'entrée de cette Quebrada, et remontant toujours par la vallée de Copiapo, on arrive à la Punta del

Diablo, d'où le chemin qui conduit à Chañarcillo tourne au sud, tandis que la vallée principale monte vers le S.-E.

Nous continuerons de suivre cette dernière, parce qu'elle nous fera découvrir, en ligne plus directe, la coupe transversale de tout le système de terrains qui constituent les Andes.

Tout le terrain stratifié, depuis Antoco jusqu'à la Punta del Diablo, se compose de couches régulières, qui en général plongent à l'est, et présentent, dans quelques parties de leur étendue, des failles et contournements locaux. La partie inférieure de ce terrain consiste toujours en roches porphyroïdes ou compactes, siliceuses, alternant vers la partie supérieure des montagnes avec des couches calcaires argileuses et des gypses. Ces derniers se trouvent particulièrement derrière les maisons de Totoralillo, où on vient de construire une belle machine d'amalgamation composée d'une roue hydraulique en fonte, qui fait tourner deux roues horizontales, dont chacune met en mouvement les agitateurs de dix tonnes fixes à fonds en fonte. Terrain stratifié secondaire.

En passant la Punta del Diablo, la vallée se rétrécit, la stratification devient moins régulière, les couches augmentent d'épaisseur, les roches prennent une structure porphyrique, et la vallée tourne, comme je l'ai déjà dit, au sud-est. On voit dans cet endroit les deux fours à réverbère de l'usine à cuivre de Potrero Seco, où on fond les minerais de cuivre de Cerro del Cobre. Pour donner une idée de la cherté du traitement, il suffira de dire qu'on y paye environ 30 réaux (20 fr.) pour un *caisson* de bois (16 petites charges d'ânes, pesant environ 15 à 16 quintaux, d'un bois très-menu, mais

bien sec), et qu'on consomme 8 à 10 caissons de ce bois pour chaque *caisson* de minerai du poids de 64 quintaux (environ 2 à 3 parties de combustible en poids pour 1 p. de minerai). On n'y traite que des minerais d'une teneur d'environ 30 pour 100 et dont les gangues ne sont pas très-réfractaires. Le traitement comporte deux opérations, dont la première consiste à fondre les minerais pour cuivre noir, et la seconde, à raffiner le cuivre noir, après un rôtissage préalable.

Porphyres bigarrés.

Les porphyres stratifiés du terrain de Potrero Seco sont à pâte compacte ou terreuse, bigarrée en brun, brun violacé, vert, gris et gris bleuâtre : couleurs qui probablement proviennent des divers degrés de l'oxydation du fer qui entre dans la composition de ces roches. Au milieu de cette pâte, on voit disséminés de tout petits cristaux très-irréguliers, qui, la plupart du temps, ne sont que des pointes et veinules très-irrégulières et interrompues, contournées, etc. Ces porphyres, qui sont les plus abondants et les plus caractéristiques du terrain stratifié des Andes, pourraient se nommer, à cause de la grande variété de couleurs qu'ils présentent, *porphyres bigarrés*. Nous aurons l'occasion d'en parler à tout moment dans nos excursions dans les Cordillères. Les détritus de ces porphyres sont ordinairement d'une poussière très-fine, rougeâtre, verte ou d'un brun violacé, bigarrés comme la roche même. Ces porphyres se trouvent ordinairement en gros bancs ou couches épaisses associées à des brèches de la même pâte porphyrique que les porphyres, ainsi qu'à des porphyres zéolitiques et amygdaloïdes (1).

---

(1) Voir, pour la description détaillée de ces por-

On voit ces porphyres s'étendre jusqu'à Hornillo (3 lieues au S. 60° E. de Potrero Seco). Ici la vallée se rétrécit beaucoup, se transforme en un ravin à parois presque verticales, et à une lieue de là, on passe au pied d'une haute montagne nommée Punta Brava, où on voit reparaître la même roche soulevante, les mêmes diorites que nous avons laissées au Cerro del Cobre, et qui dans cet endroit percent pour la première fois le terrain stratifié qu'elles avaient soulevé.

Premier percement du terrain stratifié par la roche soulevante.

Cette masse granitique se montre d'abord sur la rive droite, puis s'étend de l'autre côté de la vallée, et à une lieue plus loin, elle encaisse des deux côtés la vallée, qui, dans cet endroit, n'a que 100 à 150 mètres de largeur, et dont les parois, presque verticales, ont plus de 600 mètres de hauteur. Au fond de ce ravin, on voit la maison d'une jolie propriété, la Puerta, ornée de magnifiques saules pyramidaux et de figuiers, et à l'ombre de ces arbres un atelier d'amalgamation, appartenant à MM. Cobos.

C'est au contact de la roche soulevante et de porphyres stratifiés, mais toujours dans ces derniers, qu'on exploite, au sommet de la montagne Punta Brava, quelques filons d'argent, produisant tantôt de l'argent natif, tantôt de l'argent antimonié, arsénio-sulfuré ou sulfuré, ou cobaltifère. En même temps je dois dire qu'en face de cette montagne, mais de l'autre côté de la rivière et dans la masse granitique, au pied de laquelle se trouve le jardin de la Puerta, on avait dans le temps exploité des mines d'or.

phyres, mon Mémoire intitulé *Recherches sur quelques points de la géologie du Chili*, etc., inséré au commencement de ce volume, pages 3 et suivantes.

Porphyres stratifiés. — Vallée de Potrero Grande.

En partant de la Puerta, la vallée s'élargit, et en même temps les roches granitiques disparaissent sous le terrain de ces mêmes *porphyres bigarrés* que nous avons laissé derrière el Hornillo. On voit s'ouvrir une très-belle vallée d'environ 7 à 800 mètres de largeur et d'environ 12 à 13 kilomètres de longueur. Toute la vallée est creusée dans le terrain stratifié porphyrique, et le détritus de leurs roches constituent le sol fertile des magnifiques propriétés qui s'y trouvent et qui portent le nom de Potrero Grande. Un ruisseau, qui ne tarit jamais, y serpente au milieu des prairies artificielles, ombragées par d'énormes figuiers et des saules de castille. Les fruits de cette vallée, surtout les melons et les figues, ont une grande renommée dans le Chili, et ils y sont tellement précoces, que le 20 du mois de mars 1842, en passant par Potrero Grande, j'ai vu faire la seconde récolte des figues, pendant qu'à Copiapo et à Coquimbo on venait à peine de commencer la première. Ce qui fait voir que la saison, dans cette partie de la vallée de Copiapo, devance celle de la côte au moins de deux mois et demi, bien que la distance à la côte n'y dépasse pas 15 lieues en ligne directe, et que le fond de la vallée, d'après mes observations barométriques, atteigne une hauteur de 1.000 à 1.200 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Mine d'argent de San Antonio, dans les porphyres bigarrés stratifiés.

A l'entrée de la belle et large vallée de Potrero Grande, on rencontre un village qui, dernièrement, a reçu le nom et le titre de la Villa de San Antonio, et qui ne compte actuellement qu'une centaine d'habitants. En face de cette *villa*, sur la rive droite, on exploite, au fond d'un ravin qui descend du nord, les mines d'argent de

San Antonio. Ce ravin a tout au plus 1 kilomètre de longueur, et toute la montagne est composée de *porphyres bigarrés* en couches régulières, ressemblant beaucoup, quant à la nature de la roche et à l'aspect extérieur du terrain, aux terrains d'Arqueros, de los Algodones, de Catemo, de San Pedro Nolasco, célèbres par les nombreuses mines d'argent que ces montagnes renferment.

Les filons de San Antonio affleurent à mi-côte et sur un des flancs les plus escarpés de la montagne. On y voit 4 filons qui courent parallèlement les uns aux autres, laissant entre eux des intervalles de 40 à 50 mètres qui les séparent. Ils ont 400 à 600 mètres de longueur. Le filon principal, connu sous le nom de la Corrida de la Descubridora, est un de ceux du milieu; il court de N.40°E. au S.40°O.; il plonge à l'est, et ses affleurements atteignent, à la ferme de la Descubridora, une hauteur de 1.214 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ce filon a été reconnu comme productif sur une longueur de trois *estacas* (600 vares = 723 mètres), et jusqu'à une profondeur de 60 à 70 mètres au-dessous de la surface. La mine la plus riche de ce filon, nommée la Descubridora, produit annuellement, depuis une dizaine d'années, 2.000 à 3.000 marcs d'argent.

Au-dessus de ce filon en affleure un autre, *la Veta del Medio*, dont la direction est de N. 25 à 30° E., et qui a été à peine entamé jusqu'à présent. On y trouva du sulfure de cuivre parfaitement pur, sans argent.

Au-dessus de ce second filon, et à peu près à 100 vares de distance de la Descubridora, on voit un troisième filon, *Veta de San José*, parfaitement parallèle au premier, et produisant les

mêmes minerais que celui de la Descubridora. Ce troisième filon n'a jamais été trouvé aussi riche en argent que le premier; mais il donne des minerais de sulfure de cuivre et d'arséniure de cuivre, mélangés d'oxydule de même métal et de cuivre natif, qui souvent ne contiennent que quelques traces d'argent.

Enfin le quatrième filon affleure à peu de distance du filon principal de la Descubridora et présente la même direction que celui-ci : il est presque vertical, et ne s'incline que très-légèrement vers l'Ouest. La veine métallifère de ce filon est très-étroite, mais le corps du filon qui adhère à la roche, et la roche encaissante même, au voisinage du filon, se trouvent parfois imprégnés de particules argentifères, qui font monter la loi du minerai à plus de 0,002. Ce filon se croise avec une veine métallifère dont la direction correspond à celle de *la Veta del Medio*.

L'affleurement de ce quatrième filon à la mine connue sous le nom de *la Mina del Juez*, a été trouvé à la hauteur de 1.180 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les travaux d'exploitation de cette mine ne dépassent pas encore 25 à 30 mètres de profondeur au-dessous des affleurements; de sorte que l'épaisseur de la partie exploitée de la montagne, depuis l'affleurement du filon de San José jusqu'au fond des travaux de la Mina del Juez, n'a pas encore 130 mètres de hauteur verticale.

Les mines de San Antonio sont très-remarquables sous le rapport de leurs minerais, qui diffèrent beaucoup de ceux que j'ai vus dans les autres mines de ce département. Leur gangue est une roche argileuse d'un gris cendré foncé, à ca-

sure terreuse : on la trouve souvent imprégnée de spath calcaire et de spath perlé qui forment aussi des veines et des rognons au milieu de cette gangue. Elle diffère de celles des minerais de Chañarcillo en ce que pendant que celles-là abondent en hydrate de peroxyde de fer, celle-ci généralement ne contient du fer qu'à l'état de protoxyde. Aussi il est à remarquer que pendant que les mines de Chañarcillo, comme nous verrons dans la suite, renferment presque la totalité de leur argent à l'état de chlorure et de chloro-bromure, celles de San Antonio ne contiennent que des sulfures et arséniures ou de l'argent métallique et à peine quelques traces de chlorure. Nous verrons ensuite que tandis que les gangues de San Antonio ressemblent à celles des mines de Catemo, de Calabazo, de San Pedro Nolasco, de San Lorenzo, dont les minerais sont sulfurés ou sulfo-arséniurés, celles de Chañarcillo sont tout à fait semblables aux gangues des minerais chlorurés et chloro-bromurés de Agua Amarga.

Il est en outre à remarquer que, malgré la haute loi en argent qu'accusent les minerais de San Antonio, et qui monte souvent à 3 et 4 pour cent, la majeure partie, si ce n'est presque la totalité de l'argent de ces minerais, s'y trouve disséminée en grains, veinules et paillettes d'argent natif. Cet argent n'est jamais pur, excepté dans quelques échantillons excessivement rares où on le trouve cristallisé au milieu du spath calcaire. Les métaux avec lesquels cet argent y forme des alliages sont l'antimoine, le cuivre et le bismuth. L'espèce la plus commune contient 3 à 4 pour 100 d'antimoine et quelques traces de cuivre. L'espèce la plus rare est un alliage d'argent et de bismuth

que j'ai découvert dans un échantillon provenant de la mine de San José. Cet alliage a presque le même éclat métallique que l'argent natif pur; mais il prend, par suite d'un contact prolongé de l'air, une teinte jaunâtre et un peu rosâtre. Il se trouve disséminé en petites lames et paillettes ductiles, accompagnées d'aiguilles irisées d'arséniure de cuivre. On a obtenu dans une analyse de la partie la plus pure de ce minéral :

Alliage natif d'argent et de bismuth.

Argent. . . .	0,601
Bismuth. . .	0,101
Cuivre. . . .	0,078
Arsenic. . . .	0,028
Gangue. . . .	0,192
	1,000

Les deux dernières substances s'y trouvent dans les proportions à peu près nécessaires pour former l'arséniure de cuivre natif.

Sous-arséniure de cuivre.

Je ferai remarquer que dans tous les minerais de San Antonio l'espèce minérale qui accompagne le plus constamment l'argent natif sans en contenir de traces, est un sous-arséniure de cuivre, que j'ai reconnu contenir 3 atomes de cuivre pour 1 atome d'arsenic, Cu^3As. Il n'est pas difficile de reconnaître cette espèce par son éclat argenté, qui se fait voir dans la cassure fraîche, et qui change très-vite de couleur par le contact de l'air, devenant d'abord jaunâtre, puis bleuâtre, rougeâtre, etc., et finissant par se couvrir de couleur d'iris comme celle de la pyrite cuivreuse ordinaire. Ce minéral forme ordinairement des veines minces, irrégulières, au milieu de ces gangues grises, cendrées, que je viens de décrire; mais il forme aussi des petites masses au milieu du filon comme les autres minéraux de

cuivre. Il est presque toujours mélangé de pyrite cuivreuse en proportion très-variable, et souvent d'oxydule de cuivre et d'arséniate vert amorphe.

On voit dans l'intérieur de ces minerais arséniurés de l'argent natif disséminé en grains amorphes de diverses grandeurs, et quelquefois en lames, mais presque toujours engagés plutôt dans la gangue terreuse ou pierreuse que dans l'arséniure, qui, étant bien séparé pur, sans gangue, ne donne presque pas d'argent à l'essai.

Une autre espèce, assez abondante dans ces mines, surtout dans les filons supérieurs, est le sulfure de cuivre, qui s'y trouve toujours amorphe, ne contenant presque pas de fer, ni d'arsenic, ni d'antimoine. Il est à remarquer que, malgré l'association de cette espèce avec de l'argent natif, les sulfures de cuivre de San Antonio sont très-pauvres en argent, et en contiennent quelquefois à peine un millième. On y trouve des échantillons de sulfure de cuivre pur, dans lesquels l'argent forme des grains métalliques amorphes engagés dans le sulfure, et, à côté, le même sulfure renfermant du cuivre natif en feuillets et petites masses amorphes, entièrement séparées de celles d'argent natif.

Les autres minéraux que l'on rencontre dans ces minerais sont la pyrite de fer, la blende et le sulfure d'argent.

En résumé, les minerais d'argent de San Antonio sont des mélanges d'argent natif antimonié ou bismuthifère, d'arséniure de cuivre, de sulfure de cuivre et de gangues argileuses imprégnées de spath calcaire et de spath perlé. Comme l'argent s'y trouve en majeure partie à l'état métallique, on traite ces minerais par la méthode d'amalgama-

tion ordinaire sans ajouter de magistral, et on rejette les résidus. Quant aux minerais très-cuivreux ou très-riches en sulfures et en cuivre natif ou oxydulé, on les met de côté, et on les vend comme minerais de cuivre, ne contenant presque pas d'argent. Les minerais ordinaires de la Descubridora et de San José, ceux qu'on traite pour argent, contiennent, terme moyen, 60 à 70 marcs au caisson (0,005).

Ces mines ont été découvertes en 1830, et depuis ce temps elles ne cessent de produire annuellement 3.000 marcs d'argent. Il y a ordinairement 8 à 9 *faenas* ou propriétés de mines qu'on est en train d'exploiter, et 40 *barretas*, c'est-à-dire 80 ouvriers mineurs qui travaillent dans ces mines.

En allant de San Antonio vers les Cordillères on parcourt, comme je viens de le dire, 4 à 5 lieues dans une large vallée, et le chemin passe au milieu de beaux jardins et arbres fruitiers. Les montagnes environnantes sont composées de porphyres stratifiés qui forment des gros bancs et couches légèrement contournées, souvent horizontales et recouvertes de ces détritus rougeâtres et verdâtres qui caractérisent le terrain de porphyres bigarrés. C'est au milieu de ce terrain, vers la partie supérieure des montagnes (à peu près à 300 mètres au-dessus du fond de la vallée), qu'on trouve, sur la rive droite, vis-à-vis la ferme de Las Amolanas, à 4 lieues de San Antonio, des couches calcaires et marneuses fossilifères contenant des peignes, des ammonites et d'autres coquilles turbinées. Nous aurons l'occasion de donner bientôt une description détaillée de ce terrain en arrivant à la montagne de las Manflas.

Un autre endroit qui, aux environs de cette vallée, mérite une attention particulière de la part d'un géologue, c'est le Cerro Blanco, qui se trouve à peu près à 5 lieues au Sud du Potrero Grande, et où se trouvent les mines d'argent, de cuivre, d'or et de mercure, connues sous le nom de mines de Cerro Blanco. Mines de Cerro Blanco.

Cette montagne domine toutes les autres sur un rayon de 7 à 8 lieues; elle porte à son sommet une couche énorme de brèches qui se trouvent ordinairement associées aux porphyres bigarrés, et qui forment un plateau blanchâtre, à la couleur duquel la montagne doit son nom de Cerro Blanco. Cette brèche se compose de petits morceaux anguleux de divers porphyres, eurites et pierre lydienne d'une grande variété de couleurs, empâtés dans une masse porphyrique grise comme celle de porphyres bigarrés. Cette roche prend à sa surface, par le contact prolongé de l'air, une couleur blanche semblable à celles de roches calcaires. Immédiatement au-dessous de cette couche commence le groupe des porphyres bigarrés, associés aux roches compactes homogènes, qui passent ensuite aux roches appartenant au système de roches granitiques.

Tout ce terrain de Cerro Blanco se trouve coupé par des filons qui courent parallèlement à la chaîne des Andes, et qui pénètrent jusqu'aux roches les plus basses du système.

Le filon principal commence près du sommet de la montagne. Son affleurement se montre en descendant sur une longueur de plus d'une lieue; sa déclinaison est de S. 15° O. à N. 15° E. Il coupe également toutes les couches de porphyres et les brèches qui les recouvrent, sans dévier en rien

de direction. Il est presque vertical; sa largeur varie d'un point à l'autre, mais rarement dépasse 8 décimètres d'une paroi à l'autre : on le voit accompagné d'une veine, *guia*, qui tantôt s'écarte de 2 à 3 mètres du filon, tantôt le rejoint.

Ce qu'il y a de plus remarquable dans ce filon, ce sont les divers minéraux qu'il renferme et la manière dont leur nature et leur composition varient à mesure qu'il descend. Ainsi, au sommet de la montagne, il a été pendant longtemps exploité pour argent Un des mineurs les plus habiles du pays, Don Miguel Gallo, l'avait exploité pendant plusieurs années, et il pénétra jusqu'à plus de 200 mètres au-dessous des affleurements. Ici, il faut que je le fasse observer, il ne trouva plus, même à la partie supérieure du filon, du chlorure, ni de ces minerais d'argent natif qu'on extrait ordinairement dans les mines rapprochées de la côte; on trouva seulement des cuivres gris antimoniés, riches en argent, et contenant quelques paillettes et particules excessivement fines d'argent natif. Ce minerai changea bientôt de nature, et à une certaine profondeur, que je n'ai pas pu déterminer avec exactitude, mais qui ne dépasse pas 50 mètres au-dessous de la surface, il se transforma en un mélange de cuivre gris et de galènes dont la loi ne descendait pas encore à moins de 3 millièmes; mais ensuite ces mélanges devinrent de plus en plus plombifères, et le cuivre gris se trouva remplacé par le cuivre pyriteux et la pyrite ordinaire. Ici les anciens propriétaires furent obligés d'arrêter les travaux et abandonnèrent la mine.

La même succession de minerais qu'on avait

remarquée dans la mine de Don Miguel Gallo s'observe aussi à divers étages du même filon à mesure que son affleurement descend sur la pente de la montagne du côté Sud-Ouest. Ainsi, en observant les minéraux qui se montrent à diverses hauteurs de ces affleurements, on voit que d'abord les cuivres gris disparaissent, puis viennent les galènes qui à l'ordinaire ne renferment que 0,0005 à 0,001 d'argent, et enfin, à une distance de 500 à 600 mètres de la tête du filon, on tombe sur la mine el Rincon, dans laquelle ce filon change entièrement de nature et devient éminemment cuivreux. Aussi on s'y trouve près de la roche soulevante. Le filon, comme toutes les mines de cuivre, donne d'abord des minerais oxydés, des oxydes, des silicates et des carbonates; puis, au-dessous de ces minéraux, viennent les pyrites cuivreuses et les cuivres panachés, et au-dessous de ces derniers les pyrites de fer ordinaires. Ces sulfures contiennent quelques lamelles de galène, ce qu'il est très-rare de rencontrer dans les mines de cuivre de la côte.

Je n'ai qu'à ajouter deux remarques relatives à la roche encaissante et à la gangue de ce filon. J'ai déjà dit que ce filon garde sa direction et son inclinaison dans toute son étendue, soit dans la partie haute de la montagne, où il est argentifère; soit dans la partie basse, où il est cuivreux. Or le changement dans la production métallique de ce filon correspond au changement dans la nature de la roche et de la gangue. Ainsi, pendant que la partie argentifère du filon se trouve encaissée dans les brèches porphyriques et les porphyres bigarrés stratifiés, la partie cuivreuse se trouve dans des roches compactes homogènes, dont les

plans de division par couches deviennent déjà de moins en moins distinctes. En même temps, pendant que la gangue de la partie argentifère contient beaucoup de sulfate de baryte et de spath calcaire, celle des minerais de cuivre de la mine ci-devant citée du *Rincon* se compose presque exclusivement de quartz, de fer spéculaire, d'amphibole asbestoïde et d'argile. On remarque aussi que tout le quartz hyalin cristallisé de cette montagne est en prismes terminés par des pyramides à trois faces, et jamais à six faces, et que la pyrite cuivreuse qui constitue la principale richesse de ce filon prend la forme de tétraèdres irréguliers au contact du quartz hyalin cristallisé, tandis qu'elle reste toujours amorphe loin de ce contact. Je n'ai pas besoin d'ajouter que cette pyrite dégénère ordinairement en pyrite ordinaire dont la présence annonce ordinairement l'épuisement de la richesse minérale du filon.

Je passerai sous silence un grand nombre d'autres filons de cuivre qu'on exploite ou qu'on avait exploités vers la partie inférieure de cette montagne, là où on touche aux roches soulevantes. Il y en a qui avaient produit de très-grandes richesses en minerais pyriteux. J'en ai vu un, dans la mine de Agua Amarilla, qui donna en bien peu de temps plus de 20.000 quintaux de minerai ayant une teneur de 20 à 22 p. o/o, et malgré cela les frais d'exploitation et de transport étant énormes, le propriétaire de cette mine n'a pas trouvé de bénéfice à l'exploiter, et il cherchait à la vendre.

On m'a montré aussi, au milieu de ces filons cuivreux, quelques-uns qu'on avait exploités pour or, et surtout un, connu sous le nom de *la Mina*

de Azogue, qui produit en même temps du cinabre terreux et du cuivre gris mercuriel.

Redescendons maintenant dans la belle vallée de Potrero Grande, et continuons notre voyage vers la ligne des faîtes. Je rapporterai ici l'extrait des notes que j'ai prises dans une excursion que j'ai faite dans ces cordillères en mars 1843.

Les Juntas, au confluent des 3 rivières.

Je suis parti le 21 mars de la ferme de Las Amolanas, située à 1.085 mètres au-dessus du niveau de la mer. A 3 heures de marche de cette ferme, on arrive à l'endroit nommé Las Juntas, où se trouve le confluent de trois rivières, rio de la Jorquera, rio Pulido et rio Manflas, qui se réunissent pour en former une seule, qui depuis ce point porte le nom du rio de Copiapò. De ces trois rivières celle de Manflas descend du Sud et n'apporte de l'eau que dans les années où il tombe une ou deux pluies en hiver ; ce qui n'arrive que tous les huit à dix ans. Les deux autres, celle du milieu ou rio Pulido, qui descend de l'Est, et le rio Jorquera, qui descend du Nord, ne manquent jamais d'eau, et à leur confluent on voit plus d'eau qu'il n'y en a dans tout le reste du cours de la rivière de Copiapo.

Les roches y sont encore les mêmes que celles de la vallée de Potrero Grande; on remarque seulement parmi les porphyres de la partie inférieure quelques belles variétés de porphyres amygdaloïdes et d'autres renfermant des rognons d'un silicate compacte vert de composition inconnue.

Le confluent de ces trois rivières se trouve à la hauteur de 1.202 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ce point correspond, dans la géographie physique du Chili, à des points analogues sous d'autres lati-

tudes, où l'on voit, vers la même hauteur et à peu près à la même distance de la mer, des nœuds de rivières de seconde classe et la naissance de rivières principales. Ces endroits présentent en même temps quelques changements dans la nature géologique du terrain, et sous ce rapport doivent attirer l'attention du voyageur de préférence aux autres.

N'ayant pas eu assez de temps pour explorer les trois rivières chacune séparément, je me suis décidé à entrer par la rivière de Manflas, à repasser ensuite dans la vallée du rio Pulido par une montagne où, d'après quelques informations que j'avais reçues, je supposais l'existence d'un terrain fossilifère, et à suivre après cela le rio Pulido jusqu'à la hauteur de la ligne des faîtes, pour redescendre par la vallée du rio Jorquera.

La vallée du rio Manflas.

L'entrée dans la vallée du rio Manflas est un des endroits les plus arides de ce voyage. La vallée est large; les pentes des montagnes présentent de belles coupes de terrain stratifié porphyrique; mais à peu près à une lieue du confluent on tombe sur le granite qui, depuis l'apparition du terrain stratifié dans la Quebrada de Paypote, perce pour la seconde fois ce terrain et lui fait subir des dislocations et des changements dans la nature des roches. La masse soulevante se replonge ici bien vite sous les couches du terrain stratifié, et en arrivant à l'endroit nommé el Fuerte (à 3 lieues de las Juntas), on se trouve de nouveau au milieu des roches stratifiées.

Second percement du terrain stratifié par la roche soulevante.

Cet endroit, el Fuerte, est un des points les plus intéressants pour le géologue : il doit s'y arrêter pour examiner la grande variété des roches et leurs situations respectives relativement à la masse du

granite qui les soulève. La vallée, ou plutôt le ravin, n'a ici qu'une centaine de pieds de largeur, et il tourne brusquement vers le sud. Un petit ruisseau d'eau fraîche et limpide et un bouquet de pêchers et figuiers, au milieu de rochers qui s'élèvent presque perpendiculairement à la hauteur de 300 à 400 mètres au-dessus du fond de la vallée, rendent cet endroit bien agréable pour y passer l'heure du midi, où la chaleur fait monter le thermomètre à plus de 40 degrés centigrades. Ce n'est qu'à deux heures de l'après-midi que la brise qui vient du nord-ouest permet au voyageur de continuer ses excursions. Le fond de la vallée s'y trouve à 1.432 mètres au-dessus de la mer.

A l'angle même où ce ravin tourne au sud, et notamment sur la rive gauche du ruisseau, il y a un groupe de roches extrêmement variées, tant dans leurs caractères minéralogiques que dans le contournement de leur stratification. On n'y voit pas de filons ni de failles proprement dites; les couches paraissent avoir éprouvé une demi-fusion au moment où elles se brisaient et se repliaient sur elles-mêmes. On y aperçoit des couches calcaires mélangées et confondues avec des roches schistoïdes, des porphyres et des roches amygdaloïdes. Les calcaires ont en général une structure cristalline et contiennent de l'épidote, du grenat et du gypse. Les amygdaloïdes sont à noyaux de stilbite, d'analcime (?) et de carbonate de chaux.

En face de ce groupe de roches, mais de l'autre côté de la vallée, s'élève une haute montagne, nommée Cuesta de Manflas, dont la partie inférieure est recouverte par le terrain fossilifère des Andes dont je vais donner la description.

Terrain fossilifère de la montagne de Manflas.

Ce terrain repose évidemment sur la masse granitique dont je viens de signaler la situation en allant de las Juntas à el Fuerte. Les premières couches qui recouvrent ce granite sont porphyriques. Il est impossible de déterminer leur épaisseur à cause de la grande irrégularité qui existe dans tout ce terrain au voisinage de la roche soulevante. Il suffit de dire qu'à une centaine de mètres au-dessus du fond de la vallée, en montant par un ravin qui, à partir de el Fuerte, se dirige au nord, on arrive aux couches calcaires, qui dans cet endroit paraissent avoir subi des failles et glissements, et ne se trouvent pas en stratification concordante avec les porphyres. Ces couches calcaires sont formées d'un calcaire compacte argileux, d'un gris obscur, à cassure plane ou demiconchoïde, traversé par des veinules spathiques blanches très-minces et irrégulières. On a trouvé ce calcaire composé de :

Carbonate de chaux.	0,540
— de magnésie.	0,007
Argile attaquable par les acides. . . .	0,080
Argile inattaquable.	0,374
	1,001

Les couches de ce calcaire sont bien régulières, leurs plans de division nets et unis ; leur épaisseur varie de 2 à 8 décimètres. On n'y trouve pas encore la moindre trace de restes organiques ; mais, à une hauteur d'environ 250 mètres au-dessus du fond de la vallée, on arrive à la partie fossilifère de la montagne, qui a encore plus de 200 mètres de puissance jusqu'au sommet de la montagne.

Cette partie fossilifère consiste en une série de couches marneuses de deux espèces, dont

les unes sont solides, plus ou moins siliceuses, quelques-unes entièrement composées de débris organiques marins, parmi lesquels prédominent les térébratules, les peignes et les gryphées; les autres sont tendres, sableuses, se délitent à l'air et se réduisent en sable et poussière, laissant se dégager les fossiles intacts et parfaitement bien conservés. Ces couches des deux espèces, variables quant à leur épaisseur, qui est ordinairement de 6 à 8 décimètres, mais toujours bien régulières et en stratification concordante les unes avec les autres, alternent et se répètent un grand nombre de fois, sans qu'on aperçoive des modifications notables dans leurs caractères minéralogiques. Les couches solides forment des rangées d'escarpements presque verticaux; les couches tendres forment au contraire des pentes douces et couvrent de leurs sables et coquillages la surface de la montagne, ne laissant entrevoir de loin que les arêtes bien alignées et presque horizontales des premières couches; de sorte qu'en regardant de loin cette montagne, du côté du Sud, on la voit d'une blancheur jaunâtre et présentant comme des gradins ou escaliers bien réguliers, dont les échelons se trouvent séparés par des pentes plus douces couvertes de sable. L'aspect sec de la montagne, sa couleur blanc jaunâtre, sa stratification régulière formée de bandes qui sont ordinairement plus minces, moins contournées et mieux alignées que les couches de porphyres, voilà les caractères au moyen desquels un géologue peut reconnaître le terrain fossilifère des Andes, même de très-loin, à de très-grandes distances et au sommet de très-hautes montagnes. En effet, toutes les montagnes de ce terrain fossi-

lifère que j'ai vues dans les Cordillères ont le même aspect et les mêmes caractères extérieurs, dont la connaissance pourra être de grande utilité au géologue, qui en apercevant de loin, à la distance de 3 à 4 lieues, des montagnes de cette forme et de cet aspect, saura où diriger ses excursions sans se mettre à la discrétion des guides.

Cette série non interrompue de couches marneuses tendres et de couches siliceuses plus fermes, renfermant une immense quantité de fossiles, continue jusqu'au sommet de la montagne Cuesta de Manflas, qui se trouve située entre la vallée du rio Manflas et celle du rio Pulido. Au sommet de la montagne existe un plateau à surface très-inégale, ayant tout au plus 700 à 800 mètres de largeur. Il s'élève à la hauteur de 1.995 mètres au-dessus de la mer; de sorte que toute la montagne, depuis le fond de la vallée de Manflas jusqu'au sommet, a 563 mètres de hauteur. Sur cette hauteur, environ la moitié de l'épaisseur du terrain se trouve fossilifère; tandis que l'autre moitié, celle de la partie inférieure, se compose de porphyres et de calcaire noirâtre compacte, dolomitique, ne contenant pas de débris organiques.

En redescendant ensuite de cette montagne dans la vallée du rio Pulido, et examinant le même terrain sur sa pente septentrionale, on observe que malgré le peu d'étendue que prennent les couches de ce terrain entre la vallée de Manflas et celle du rio Pulido, elles présentent déjà des modifications notables, autant dans leurs caractères minéralogiques que dans la nature et la quantité des corps fossiles qu'elles renferment. Les mêmes couches, qui du côté du sud se composent presque exclusivement de térébratules et

de diverses huîtres et gryphées, contiennent ici des grandes espèces de peignes (semblables à ceux du Cerro de las Tres Cruces, dans la vallée d'Elgüis), des grandes coquilles turbinées, etc. Au milieu de ces couches, qui en général sont beaucoup moins riches en fossiles que celles de l'autre côté de la montagne, on trouve des couches d'un calcaire cristallin argileux, d'un jaune grisâtre, totalement dépourvues de restes organiques. On y rencontre aussi quelques couches subordonnées d'environ 1 mètre d'épaisseur, d'un grès à pâte de calcaire argileux, ne contenant pas de fossiles, ainsi que quelques roches schisteuses compactes que je n'ai pas vues sur l'autre versant de la montagne.

Enfin, au pied de la même montagne, dans la vallée du Rio Pulido, on retrouve les couches porphyriques composées des mêmes porphyres bigarrés, porphyres amygdaloïdes, brèches porphyriques, etc., qui caractérisent le terrain de porphyres stratifiés des Andes.

On ne retrouve plus ce terrain fossilifère de l'autre côté de la vallée du Rio Pulido, en face de la montagne de Manflas; et si l'on suit ces couches calcaires du côté où elles prennent le plus d'extension, on observe qu'elles se prolongent dans la direction N.-O. Aussi nous les retrouverons plus tard dans la vallée du Rio Jorquera. Je n'ai donc qu'à ajouter que ces couches calcaires fossilifères, n'ayant ici que tout au plus une lieue à une lieue et demie de largeur, semblent marquer l'endroit d'une ancienne plage ou d'un ancien rivage de la mer, sur lequel il s'est formé des dépôts de sédiment de la même manière que se sont formés, à une époque moderne, tous les dépôts tertiaires de la côte actuelle de l'océan Pacifique,

qui ne constituent que des bandes allongées de 2 à 3 lieues de largeur, interrompues par des rochers préexistants et situés aux embouchures des vallées transversales de ce système.

Vallée du Rio Pulido.

On trouve au pied de la montagne de Manflas, dans la vallée du Rio Pulido, des habitations et des jardins, qui, malgré la hauteur de 1.400 mètres à laquelle ils se trouvent élevés, produisent d'excellents fruits de même qualité que ceux de Potrero Grande.

Après avoir passé la nuit dans cet endroit, nommé Punta Ulpeadora, je repartis le 22 mars par la vallée du Rio Pulido, en me dirigeant vers les Cordillères. Cette vallée monte dans la direction S.20°E. au milieu des rochers appartenant au système inférieur de porphyres bigarrés. Chemin faisant, on voit partout des ruines d'anciennes habitations d'Indiens et des restes de troncs d'arbres d'*algarrobo* (prosopis siliquastrum), de ces beaux arbres dont le fruit leur servait d'aliment, et avec lequel ils préparaient une boisson alcoolique. Quelques débris d'anciens fours à manche et des tas de scories pâteuses mal fondues font voir la cause de la destruction de toute la végétation de cette vallée.

Troisième percement du terrain stratifié par les granites.

A trois lieues de la Punta Ulpeadora, on arrive à l'endroit nommé Iglesia Colorada, où la vallée se rétrécit brusquement et tourne à l'est. Ici, on voit pour la troisième fois les masses granitiques qui soulèvent et accidentent le terrain stratifié, et dont l'apparition détermine toujours un changement notable dans la direction des rivières et la configuration des montagnes.

Ces masses prennent ici plus d'extension que celles du Rio Manflas et de la Puerta. Leur surface

est arrondie, couverte de détritus feldspathiques anguleux ; le granite est à gros grains et à quatre éléments (quartz, feldspath, amphibole et mica), traversé par des veines et filons feldspathiques ou quartzeux compactes.

A une demi-lieue de la Igleşia Colorada, on voit descendre du côté sud et dans la direction N.20°O. un profond ravin, le Rio Mostasal, et à peu près à une lieue plus loin, du même côté que le précédent, se joint le Rio del Potro, dont la vallée se trouve plus évasée et plus riche en eau, en bois et en pâturages, que la vallée du Rio Pulido.

En continuant toujours à cheminer par cette dernière, on remarque que, dès qu'on dépasse les montagnes granitiques, elle change encore une fois de direction, fait un détour vers le N.E. et s'élargit considérablement. Ici, on voit encore quelques morceaux de terrains cultivés et semés de blés; diverses rivières ou plutôt ruisseaux, le rio de Ramadilla et le rio de Ramada, qui descendent du côté de l'est, et à peu près à 5 ou 6 lieues au delà le dernier détour que fait la rivière, on arrive à Mulañeco, qui est le dernier endroit cultivable dans cette vallée.

Le dernier endroit cultivable et la dernière habitation de ce côté des Andes.

La chaumière de Mulañeco, qui n'est habitée que pendant la saison d'été, se trouve à 2.373 mètres au-dessus du niveau de la mer. On peut admettre cette hauteur pour limite de la partie cultivable du système des Andes, à la latitude de 28 à 30°. J'ai encore vu à Mulañeco une belle récolte de froment, mais le maïs et les haricots y étaient entièrement noircis par les gelées qui étaient arrivées quelques jours auparavant, quoiqu'on fût encore au plus fort de la saison d'été.

Le 23 du mois de mars, à sept heures du matin,

le thermomètre marqua +8° C. et le baromètre de Bunten 0m,578, à la chaumière de Mulañeco. Les gens qui s'y trouvaient réunis pour moissonner et battre le froment m'assurèrent qu'il commence à neiger dans ces parages avant la fin de l'automne, et qu'il y neige beaucoup, mais qu'il ne tombe jamais de pluie dans ces montagnes. J'ai ensuite ouï dire à beaucoup d'autres montagnards de ce pays la même chose ; c'est-à-dire, qu'à une certaine hauteur (que j'estime à 2 000 ou 2.500 mètres au-dessus la mer, d'après les informations qu'on m'a données), il neige beaucoup, mais qu'il ne pleut jamais.

Parlons maintenant de la constitution géologique de cette contrée :

A partir du confluent du Rio del Potro, où, comme nous l'avons dit, le granit perce entièrement le terrain stratifié et forme des masses énormes au milieu de ce dernier, les roches granitiques disparaissent sous les couches de porphyres secondaires, mais il paraît que ces derniers diminuent beaucoup en épaisseur. Dans le trajet que nous avons fait depuis ces montagnes granitiques jusqu'à Mulañeco, on voit parfois le granite au fond de la vallée et jusqu'à mi-côte de ses flancs, recouvert par les porphyres stratifiés ; parfois les masses granitiques longent la vallée du côté de l'ouest, et le terrain stratifié descend jusqu'au fond de la vallée du côté de l'est. En tous cas, je crois que cette vallée résulte de la désagrégation de la partie la plus tendre des roches granitiques, et que de là résultent la forme, les détours et les sinuosités de la vallée.

La même chose se voit à partir de Muñaleco. La vallée monte en se dirigeant vers le nord ; les

granites continuent à se montrer, occupant la partie inférieure du terrain; les couches d'en haut présentent peu de dislocations et de contournements, et, à 2 lieues de Mulañeco, en arrivant à l'endroit nommé Pasto Grande, on laisse, du côté du nord, le ravin Quebrada de Biscachas, et on prend à l'est, suivant toujours la vallée du Rio Pulido.

Terrain stratifié de porphyres bigarrés.

Dès qu'on change de direction, on se retrouve de nouveau au milieu du terrain stratifié, et les roches granitiques disparaissent. On ne voit de tous côtés que des montagnes stratifiées : des couches immenses de brèches porphyriques grises et de toutes couleurs, à gros fragments porphyriques empâtés dans une masse de porphyres bigarrés; des porphyres amygdaloïdes associés aux précédents; des porphyres zéolitiques et d'autres qui sont bréchoïdes ou renfermant des noyaux de calcédoine; en un mot, tout l'ensemble des roches et leur aspect extérieur fait reconnaître l'identité de ce terrain avec celui que j'ai vu prédominer dans tout le système des Andes, depuis Copiapo jusqu'à Rancagua (sur une ligne de 250 à 280 lieues), et dont la formation a précédé le soulèvement des Andes.

Porphyre à base d'ouralite.

A deux lieues et demie de Pasto Grande, à l'endroit où la vallée tourne au sud-est, on rencontre au milieu du terrain stratifié une espèce de porphyre à gros cristaux noirs luisants, qui est une des roches caractéristiques de ce terrain à toutes les latitudes des Andes du Chili. Cette roche ne prend jamais beaucoup d'extension, et se montre de préférence près du contact des masses soulevantes, quoique je l'aie vue aussi intercalée au milieu d'autres porphyres stratifiés et au milieu

des roches bréchoïdes, formant tantôt de véritables couches parallèles aux autres, tantôt des espèces de dykes ou de crêtes de masses allongées qui ne se trouvent pas en stratification concordante avec le reste du terrain.

La pâte de ce porphyre est grise, compacte, homogène, fusible au chalumeau, et les cristaux d'un beau noir luisant, ordinairement de 3 à 4 lignes, et souvent de 7 à 8 lignes de longueur. Comme ils adhèrent toujours à la pâte, il est impossible de bien déterminer leur forme et de décider si elle correspond aux formes de l'amphibole ou du pyroxène; cependant l'angle du biseau de leurs sections, parallèles à l'axe, indique plutôt la forme de ce dernier que de l'amphibole. Leur structure est lamellaire, présentant deux clivages de l'amphibole et deux autres du pyroxène; il y a en outre indication du clivage parallèle à la base : les surfaces des clivages sont bien nettes, d'un éclat vitreux, et on y voit très-souvent, dans les interstices entre les lames, une substance blanche ou terreuse qui s'y trouve en trop petite quantité pour que j'aie pu reconnaître sa nature. Au chalumeau, ces cristaux sont à peine fusibles sur les bords; cependant lorsqu'on essaye une lame très-mince, ou mieux une fibre très-déliée de la partie où la structure de ce minéral passe à une structure fibreuse, on voit que la fusion s'opère avec bouillonnement, et il se forme a l'extrémité de la fibre une perle noire luisante, opaque.

L'analyse de la partie la plus pure de ces cristaux a donné pour leur composition :

		Oxygène.	
Silice.	0,419	0,218	
Alumine. . . .	0,166	00,77	
Oxyde ferreux.	0,117	0.026	0,110 $3(f,mn,mg,c)\dot{S}+Al^2 S^3$.
Ox. manganeux.	0,016	0,003	
Chaux.	0,116	00,82	
Magnésie. . . .	0,154	0,049	
Perte au feu. .	0,012		
	1,000		
Son p. spéc.	3,179		

D'après ces caractères et la composition des cristaux noirs, je crois qu'ils doivent être de l'espèce que M. Rose a signalée sous le nom d'ouralite (ou pyroxène doué des clivages d'amphibole), et que le porphyre est un porphyre à base d'ouralite.

Porphyres amygdaloïdes.

Au voisinage de ce porphyre on trouve près de la Angostura del Molino, des porphyres bigarrés à noyaux d'agate et de calcédoine, et des porphyres amygdaloïdes à noyaux zéolitiques compactes, blancs, fusibles en verre incolore, et dont la composition se rapproche de celle de l'analcime.

Quatrième percement du terrain stratifié par les granites.

Granite et syénite de Cachito et de las Pircas.

En montant toujours par la même vallée du Rio Pulido, dans la direction S.-E., on laisse à gauche un ravin, Quebrada del Cachito, qui communique avec la vallée de la Jorquera, par laquelle nous allons descendre, et en face de cette Quebrada on arrive encore une fois aux masses granitiques. On y trouve d'abord une très-belle roche syénitique, composée de felspath rose lamelleux, de quartz laiteux et d'amphibole verdâtre. Ces syénites passent insensiblement aux granites à quatre éléments, puis au granite sans amphibole, sans que le feldspath et le quartz changent de couleur. Au milieu des gros blocs de ces granites roses, à l'en-

droit nommé las Pircas, nous vîmes les ruines d'anciennes habitations d'Indiens, et dans un coin de ces ruines, deux hommes armés et bien vêtus, accroupis près du feu, et se plaignant du froid au milieu de l'été, là où jadis avaient vécu des hommes nus et sauvages. Ces gens armés composaient la garde que le gouvernement prend la précaution d'y maintenir pour empêcher la contrebande.

A trois lieues de là on arrive au point culminant de la vallée, et à la source du Rio Pulido. Les granites se cachent, et le col par où passe le chemin se nomme Portezuelo del Pulido. Il est bien connu des voyageurs par les vents de l'ouest qui, y règnent et qui sont tellement violents qu'on a de la peine à se soutenir à cheval en passant par le sommet à midi. Il m'a été impossible de mesurer la hauteur de ce Portezuelo à cause de ces mêmes vents qui ne permettent pas de s'arrêter un instant; mais je crois que cette montagne s'élève au niveau des points les plus élevés de la ligne des faîtes, de laquelle elle ne se trouve éloignée que de 2 à 3 lieues. Nous trouvâmes des neiges fraîchement tombées sur toute la pente méridionale de cette montagne.

Terrain secondaire de porphyres stratifiés à la région la plus élevée des Andes.

Dès qu'on passe le Portezuelo del Pulido, on se retrouve de nouveau au milieu des roches stratifiées; mais ici ce terrain se trouve tellement accidenté, varié, disloqué et bouleversé, qu'on ne le reconnaît que par les caractères minéralogiques des roches et la grande variété de couleur des détritus terreux qui les recouvrent. On y aperçoit des masses terreuses blanches et rougeâtres de ces kaolins ou roches métamorphiques (*tofos*) qui se montrent ordinairement au contact des granites avec les roches stratifiées, dans la région la plus

Kaolins.

élevée des Andes, et que nous verrons mieux caractérisés et développés à la latitude de Coquimbo et dans les Cordillères de Rancagua.

Il n'y a pas de passage direct dans les Cordillères en face du Portezuelo Pulido. Le chemin tourne au Nord, et en moins de 4 heures, en marchant au pas, on arrive à une grotte naturelle, creusée dans des brèches porphyriques rouges, à l'endroit nommé El Pan, dans la vallée du Rio del Pan. C'est là que les voyageurs cherchent ordinairement un abri contre les orages de la Cordillère, et on y passe la nuit assez commodément, pour franchir ensuite à la pointe du jour le sommet des Andes qui se trouve encore à 2 lieues de montée de cette grotte.

A 6 heures du soir, dans cette grotte, j'ai trouvé le baromètre à 493 millimètres, et le thermomètre à + 9° C. (1). Le ciel était complétement dégagé de nuages, et un calme parfait régnait pendant la nuit.

Le lendemain (23 mars), à la pointe du jour, je partis avec deux guides pour atteindre la ligne de séparation des eaux de la chaîne la plus élevée des Andes. On choisit cette heure pour le voyage à cause des vents qui ordinairement commencent à souffler sur les 10 heures du matin, et qui souvent sont tellement forts, que, d'après ce qu'on m'a assuré, ils rendent impossible le passage.

Vents qui règnent dans la haute région des Andes.

En effet, voici ce qu'on peut dire sur la périodicité des vents qui règnent dans toute la chaîne des Andes du Chili, et notamment sur la ligne

(1) Ce qui correspond à 3.697 mètres au-dessus de la mer.

des faîtes de ces montagnes. Le vent qui prédomine, mais qui ne souffle que pendant la journée, est le vent de l'ouest ou du sud-ouest. Ce vent s'apaise vers les 6 à 7 heures du soir, et il arrive ensuite un calme qui règne pendant la nuit. Ce n'est qu'à 2 ou 3 heures du matin, et quelquefois un peu avant la pointe du jour que commence à souffler le vent de l'est, nommé *terral*, très-sec et très-froid. On a remarqué que ce vent se fait toujours sentir de beaucoup meilleure heure (quelquefois à la nuit tombante) près de la côte que dans la région élevée des Cordillères : ce qui fait voir que ce vent doit se produire *par aspiration*. Il est rare que le *terral* souffle plus de 2 heures de suite près de la ligne des faîtes, et qu'il soit très-fort et très-orageux; il cesse ordinairement sur les 7 à 8 heures du matin, et laisse de nouveau toute l'atmosphère dans un calme parfait. Ce calme et la fraîcheur de l'air provenant de la fonte des neiges, rendent les matinées, dans ces régions, pendant les mois d'été, extrêmement belles, et rappelant les belles matinées de printemps, des pays septentrionaux de l'Europe. Enfin, vers 8 heures 1/2, à 9 heures 1/2, le vent de l'ouest commence déjà à se faire sentir; sa force et son impétuosité vont constamment en augmentant jusqu'à l'heure de midi, ou jusqu'à 1 ou 2 heures du soir, où il arrive à son maximum de violence. Il faiblit ensuite et cesse entièrement de se faire sentir vers le coucher du soleil. Reste à ajouter que cette périodicité de vents s'interrompt de temps en temps, surtout au changement des saisons et pendant les mois d'hiver. Viennent alors les vents du nord et du nord-ouest, qui apportent presque toujours des grands orages et des neiges. Ces orages s'étendent

très-souvent jusqu'au rivage de l'océan, et alors, pendant qu'il neige dans les Andes, il tombe des averses dans la partie basse de la côte.

Derniers chaî-nons du terrain stratifié.

En montant de la grotte El Pan au sommet des Cordillères, par la vallée du ruisseau qui porte le nom d'*Estero del Pan*, on a l'occasion de bien examiner les derniers chaînons de ce terrain stratifié qui, en s'approchant des granites dont est composée la crête des montagnes les plus élevées des Andes, porte la trace des plus grandes révolutions et des secousses les plus violentes qu'il a éprouvées; comme si réellement la force qui fit sortir du sein de la terre ces énormes masses granitiques eût concentré l'énergie de son activité à la ligne des faîtes de ces montagnes.

Parmi les roches qui entrent dans la composition du terrain soulevé, celles qui paraissent prédominer sont des brèches et porphyres bréchoïdes, dont la surface est tantôt noire comme du charbon, tantôt d'un rouge de sang ou d'un gris cendré, et presque toujours rubanée en bancs et strates de toutes les nuances imaginables. Ces strates et couches sont en général fortement redressés et plongent à l'ouest; en quelques points cependant le contraire a lieu. Il y a en même temps, quant à la nature des roches, une telle variété d'espèces et de modifications, qu'on dirait que la nature a réuni à ce dernier échelon du système une collection de toutes les roches qui composent le terrain secondaire de la pente occidentale des Andes. Il n'y manque que le groupe de roches calcaires que nous venons de voir sur le flanc de la montagne de Manflas, en revanche les brèches et les porphyres de ces parages sont souvent quartzifères

et micacés, ce qui n'arrive que bien rarement dans la région basse de ces montagnes.

Dernier percement du terrain stratifié par la roche soulevée.—Granite de la ligne des faîtes.

On n'arrive au granite qu'à une demi-lieue de la ligne de séparation des eaux. Le sommet de cette partie de la chaîne des Andes est composé d'une masse arrondie, entièrement dépourvue de végétation, couverte de détritus feldspathiques et quartzeux, formant des pentes douces sillonnées par des ravins peu profonds et évasés. Je l'ai trouvé complétement dégagé de neige, qu'on n'apercevait que sur les pentes méridionales de quelques cônes qui surmontaient les autres, et aussi dans des ravins profonds bien au-dessous de leurs sommets.

A 9 heures du matin nous arrivâmes au point le plus élevé du portezuelo Come-Caballo (1), à l'endroit où le chemin commence à descendre vers les provinces Argentines, et qui se trouve sur la frontière de la république du Chili. La matinée était belle, le ciel d'un bleu d'azur foncé; le vent commençait déjà à souffler fort; de sorte que pour faire mes observations barométriques je fus obligé de me placer à quelques mètres au-dessous du sommet, sur la pente orientale de la montagne.

Hauteur de la ligne des faîtes des Cordillères au portezuelo de Come-Caballo.

Le baromètre indiquait 442,8 mill. pour la pression atmosphérique; le thermomètre (à 9 h. 3/4 du matin) marquait 0°,4 au-dessous de zéro; ce qui correspond [en adoptant pour la

---

(1) On appelle *portezuelo* l'endroit un peu surbaissé sur la ligne des faîtes d'une chaîne de montagnes (le *col*), situé entre deux cônes ou points culminants de la même chaîne. On conçoit que c'est toujours par les *portezuelos* que passent les chemins qui franchissent les montagnes.

hauteur barométrique moyenne du niveau de l'Océan 765, et therm. 16°,9 (1)] à 4.426 mètres au-dessus du niveau de la mer. Prenant en considération que les sommets des cônes les plus rapprochés du même endroit ne s'élèvent tout au plus qu'à 120 ou 130 mètres au-dessus du point où j'ai fait mes observations, il s'ensuit que la ligne des faîtes de la chaîne la plus élevée des Andes à la latitude de Copiapo ne s'élève pas à plus de 4.600 mètres au-dessus du niveau de la mer. On voit seulement du nord, à une distance d'environ 8 à 10 lieues (si ma vue ne me trompe pas), une montagne conique qui surpasse en hauteur les autres, et dont le sommet se trouve couvert de neige perpétuelle : mes guides ne savaient pas le nom de cette montagne.

Différence qu'on observe dans la configuration extérieure des deux pentes opposées du système des Andes.

En se plaçant maintenant au sommet des Cordillères, et portant successivement la vue de l'un et de l'autre côté des Andes, on voit un contraste frappant entre la configuration, les couleurs et les variétés de formes des montagnes qui composent la pente occidentale du système, et celles de la pente orientale appartenant aux provinces Argentines. Ainsi, en regardant du côté de l'Ouest, on voit, comme je viens de dire, un bouleversement complet dans le terrain soulevé : des failles et déchirements, des escarpements à pic, des stratifications contournées et interrompues; il n'y a pas deux montagnes qui soient de même forme et de même couleur. En portant ensuite la vue du côté de l'est, on voit des pentes douces, des

(1) C'est la hauteur que j'ai déduite d'environ deux mille observations que j'ai faites pendant deux ans de résidence à Coquimbo.

bancs de rochers presque horizontaux, et rarement interrompus. Leurs arêtes forment des lignes parallèles à l'horizon, et des teintes peu variées couvrent la majeure partie du tableau : à peine quelques pointes coniques, isolées, éloignées de la ligne des faîtes interrompent cette monotonie de relief.

Tout annonce que le principal mouvement qui survint à l'époque de la formation des Andes arriva du côté de l'Ouest, c'est-à-dire du côté où une ligne d'escarpements qui marquent le rivage actuel de l'Océan depuis le cap Horn jusqu'aux montagnes Rocheuses, continue à se soulever d'une manière lente et à peine perceptible, au mugissement des bruits souterrains et sous l'influence des tremblements de terre répétés.

Cela explique pourquoi le même granite qui sort au jour ici, au sommet de ces montagnes gigantesques, perce tant de fois le terrain secondaire qui avait préexisté à l'époque de leur soulèvement, et forme en même temps l'arête occidentale des escarpements de la côte de l'océan Pacifique, c'est-à-dire de la partie la plus basse de ce système.

Cela pourrait aussi expliquer l'existence de ces nombreuses roches *d'injection* qui sortirent en déchirant latéralement les strates et les couches sur cette pente occidentale, et surtout cette abondance de filons métallifères qui affleurent sur cette pente, tandis qu'ils sont si rares et si pauvres de l'autre côté des Andes.

Il faut cependant dire que vers la même latitude, en face des montagnes de Huasco et de Copiapo, on trouve de l'autre côté des Andes, dans la province de San-Juan, la montagne de Famatina,

très-riche en mines d'argent et d'or. Les minerais de ces mines contiennent de l'argent natif, de l'argent rouge, de l'argent sulfuré, et en général, ressemblent aux minerais de Pasco et de Potosi. Il serait fort intéressant, autant pour la science que pour l'industrie minérale, de poursuivre la coupe transversale du système des Andes jusqu'au Cerro de Famatina, et de comparer ensuite cette coupe avec une autre qu'on ferait depuis Cobija jusqu'à Potosi, et une troisième prise depuis Callao jusqu'à Pasco et aux sources du Marañon, pour voir si cette montagne Cerro de Famatina ne forme déjà le premier chaînon des la seconde chaîne des Cordillères, à laquelle se rapportent les mines d'argent de Potosi et de Pasco.

Le malheureux état dans lequel se trouvent les provinces argentines, déchirées par une guerre civile qui n'a pas de fin, m'empêcha de réaliser une partie de ce plan. Il m'a fallu redescendre, et voici la succession de terrain que j'ai eu l'occasion d'observer en passant par la vallée du Rio Jorquera.

On retrouve de nouveau le même système de terrain en descendant par la vallée du Rio Jorquera.

Ce chaos de terrains qu'on observe en voisinage des dernières masses granitiques, et qui en grand ressemble à des glaçons récemment fracturés et charriés par un torrent, disparaît en approchant de ce même rocher el Pan, dont la grotte, comme nous venons de dire, se trouve dans des porphyres et brèches porphyriques rouges quartzifères. Cette grotte est tout bonnement une cavité produite par la désagrégation d'une couche inférieure arénacée, recouverte par une autre couche solide qui sert actuellement de toit à la partie désagrégée. La vallée du ruisseau qui, depuis ce point, porte le nom de Rio del Pan, descend dans la di-

Porphyres et conglomérats rouges.

rection N.N.O., et comme en général les couches du terrain soulevé et les masses soulevantes s'allongent parallèlement à la crête de la chaîne la plus élevée des Andes, il en résulte qu'en descendant dans cette direction, on suit ces couches de porphyres et brèches porphyriques rouges dans leur longueur. Ces couches contrastent singulièrement avec la partie accidentée du terrain situé à l'est; on les voit bien régulières, développées sur un grand espace, s'inclinant d'abord un peu à l'est, puis, presque horizontales, formant une espèce de bassin au milieu des montagnes environnantes. Ces roches même ont quelque chose de particulier dans leur aspect : la couleur rouge prédomine, et on voit dans la fracture des porphyres et brèches porphyriques des petits grains de quartz vitreux, qu'en général on ne rencontre que dans les porphyres bigarrés stratifiés. Les brèches sont pour la plupart à petits fragments anguleux de phorphyre rouge, ou de roches compactes rouges et brun foncé (argilolites), et deviennent parfois tellement molles et à fragments tellement menus, que la roche passe aux *tufs porphyriques et arénacés*, et même aux grès qui, par leur couleur et leur grain semi-cristallin, ressemblent au *nouveau grès rouge* et au *grès des Vosges*. Il peut se faire que ce groupe de porphyres et conglomérats rouges forme un étage à part au milieu de *porphyres bigarrés*.

Masses soulevantes qui correspondent à celles du granite du Cachito et de las Pircas.

A quatre lieues de el Pan (en cheminant toujours au N.N.O.), on voit tout d'un coup ces couches de porphyres et conglomérats rouges interrompues et coupées par une roche d'un gris cendré, compacte, feldspathique, contenant de l'amphibole, et semblable aux roches d'injection

que j'a souvent vues dans les montagnes situées au sud-est de Santiago. Cette masse s'élève presque verticalement de dessous les porphyres rouges, et à peu de distance de là, elle fait place aux roches granitiques qui se montrent des deux côtés de la vallée, ne laissant voir que quelques restes du terrain porphyrique qui se montre par intervalles, disloqué et accidenté, près du sommet des montagnes, sur la rive droite de la rivière.

La vallée prend en même temps beaucoup de largeur. Elle reçoit le ruisseau de la Quebrada del Cachito, que nous avons signalé dans notre ascension par le Rio Pulido, et depuis cet endroit, elle prend même le nom du Rio del Cachito. Aussi les granites qu'on y trouve présentent le même aspect et la couleur que ceux qu'on voit en face de ladite Quebrada, dans le Rio Pulido : c'est la même masse granitique allongée parallèlement aux Andes.

Dans cette vallée del Cachito, ayant une forme ovale et environ trois lieues de longueur, élevée à plus de 3.300 mètres au-dessus du niveau de la mer, on trouve les ruines d'un ancien village indien, composé d'une trentaine de huttes rondes de 2 à 3 mètres de diamètre, situées en ligne droite sur la rive gauche du ruisseau. Il ne reste de ces habitations que des murailles d'environ 2 pieds de hauteur, formées de pierres posées les unes sur les autres sans aucun ciment. A l'extrémité sud, on voit les hautes murailles d'une grande maison, composée de diverses pièces, qui probablement était la demeure du chef de la tribu. La vallée ne produit pas d'arbres, pas même d'arbustes : on n'y voit qu'une plaine marécageuse

couverte de plantes herbacées. Dans ces parages, l'eau gèle tous les matins, même pendant la saison d'été, et il commence à neiger au mois d'avril. On ne peut concevoir ce qui pouvait déterminer ces gens demi-nus à chercher d'établir leur séjour dans un parage aussi ingrat et aride, ayant des contrées d'un climat doux, tempéré, et on peut dire délicieux, vers la côte. Le fait est qu'on trouve de ces anciennes habitations sur toute la chaîne des Andes, depuis Copiapo jusqu'à Conception, à une hauteur de 3.000 à 3.200 mètres, et leurs ruines ne servent actuellement que de repaire aux lions, ou d'abri à quelques voyageurs surpris par les orages.

Brèche granitique.

A l'endroit où cette vallée se rétrécit, du côté du nord, on trouve une brèche à gros fragments de granites et syénites rouges, empâtés par une masse porphyrique grise. Les fragments sont composés du même granite qui se trouve dans le reste de la vallée, et la brèche est une des plus étranges que j'aie vues dans les Cordillères. Elle diffère des brèches stratifiées (appartenant aux terrains de porphyres bigarrés), en ce que ces dernières ne contiennent jamais de fragments granitiques. Le granite étant évidemment la roche soulevante, comment se fait-il que dans cette brèche c'est le porphyre qui empâte les morceaux de granite, et non pas le granite qui empâte le porphyre? Ce porphyre, bien entendu, ne doit pas être de même nature que ceux du terrain stratifié, mais analogue à ceux qui forment des dykes, de gros filons ou de gros amas au milieu des masses granitiques. Le fait est que le même granite qui forme les fragments de cette brèche granitique forme aussi des espèces de filons et veines irrégulières au

milieu de la même brèche ; ce qui annonce que les deux matières de la même brèche, la pâte grise et le granite, ont dû se trouver en même temps à l'état pâteux ou de demi-fusion.

Coupe transversale des terrains depuis la ligne des faîtes jusqu'au confluent du rio Figueroa.

Ces brèches se trouvent à 3.209 mètres au-dessus de la mer. En continuant à descendre par la même vallée, on voit immédiatement que ces brèches ne se trouvent qu'au contact des granites de la vallée de Cachito, et qu'elles constituent la base sur laquelle s'appuie le terrain stratifié de *porphyres bigarrés*. On remarque aussi que depuis les dernières masses granitiques de Cachito, tout le système des couches du terrain secondaire plonge à l'ouest, en s'inclinant du côté de la roche soulevante ; de sorte que pour représenter dans son ensemble toute la suite des roches depuis le sommet des Andes jusqu'ici, nous formerons la coupe suivante, *fig.* 3, *Pl. V* :

A, Masse arrondie granitique, formant la crête des Andes au Portezuelo de Come-Caballo : elle a tout au plus une 1/2 lieue ou 3/4 de lieue de ce côté.

B, Partie la plus accidentée du terrain secondaire entre la ligne des faîtes et el Pan (longueur d'environ 2 lieues).

C, Porphyres et conglomérats rouges (3 à 4 lieues de longueur).

D, Masse feldspathique porphyroïde avec amphibole, semblable aux roches d'injection
E, Granites et syénites rouges
F, Brèches à fragments du granite précédent
} (3 à 4 lieues).

G, Brèches porphyriques stratifiées ordinaires, faisant partie du groupe des porphyres bigarrés.

H, Porphyres bigarrés alternant avec les roches précédentes et renfermant des porphyres à noyaux de jaspe, de calcédoine, de zéolites, etc.

A deux lieues du rétrécissement de la vallée de Cachito, on arrive au confluent du Rio Turbio, qui descend de l'est, et qui depuis cet endroit coule dans la direction N.O. La vallée, depuis ce confluent, prend le nom de la vallée du Rio Turbio, et on n'y voit pas encore d'arbres ni d'arbrisseaux.

A six lieues plus loin, on arrive au confluent du Rio Figueroa. Dans ce trajet, on voit des couches presque horizontales de porphyres bigarrés alternant avec des gros bancs de 15 à 20 mètres de puissance, de brèches à gros fragments porphyriques, et au-dessus de ce groupe de rochers, qui ne présentent à l'extérieur que des couleurs noires ou brunâtres foncées, on voit les mêmes porphyres et conglomérats rouges que nous avons laissés de l'autre côté de la vallée de Cachito, et qui forment ici un système de strates réguliers, minces (de 1 à 5 décimètres d'épaisseur), d'un parallélisme presque parfait, reposant en stratification concordante les uns sur les autres. En même temps, tout ce terrain se trouve coupé par des filons pierreux porphyriques ou compactes noirs, et la stratification plonge légèrement à l'ouest.

Le Rio de Figueroa descend du N. E., et continue sa course vers le S. O., donnant son nom à la vallée principale, par laquelle passe le chemin.

Dans cette direction, elle arrive à six lieues depuis son confluent à la ferme de Jorquera, qui est le premier et presque le seul endroit habité dans toute la vallée, depuis le sommet des Cordillères jusqu'à las Juntas. C'est pourquoi cette longue vallée, qui depuis son commencement prend les noms de Rio del Pan, Rio del Cachito, Rio Turbio et Rio Figueroa, est connue sous le nom général de Rio Jorquera. Dans son cours, cette vallée coupe le système des terrains des Andes d'abord de S.E. au N.O., et puis de N.E. au S.O.

Il faut que je dise que, d'après les renseignements que j'ai recueillis, il y a un chemin qui, depuis le confluent du Rio Figueroa, monte par la vallée de ce Rio jusqu'à la montagne de soufre (Cerro de Azufre), la même dont j'ai déjà eu l'occasion de parler, en indiquant le chemin qui traverse le désert d'Atacama en passant par la Quebrada de Paypote. Je crois qu'un géologue qui visiterait ces pays devrait tâcher de faire une excursion par le Rio Figueroa au Cerro de Azufre, et que ce voyage lui donnerait une coupe de terrains très-intéressante sous tous les rapports.

Terrain fossilifère del Carricito analogue à celui de Manflas.

C'est à peu près à quatre lieues des maisons de la ferme de Jorquera, qu'on voit descendre du côté du sud un profond ravin nommé Quebrada del Carricito, dans lequel on voit des couches du même terrain fossilifère que nous avons examiné sur la montagne de Manflas. Ce terrain a ici tout à fait le même aspect et les mêmes caractères minéralogiques que celui de Manflas. Les couches sont parfaitement régulières, planes, divisées en strates de diverses épaisseurs, plongeant au N.O. sous un angle de 30 à 40°. Elles sont calcaires,

marneuses, ou formées d'un calcaire sablonneux et argileux : les fossiles qui s'y trouvent en très-grande abondance sont des peignes de 2 à 3 décimètres de diamètre. On remarque qu'ici tout le groupe de ces roches calcaires se trouve intercalé au milieu des couches de porphyres et brèches porphyriques stratifiées; c'est-à-dire qu'on les trouve recouvertes par les mêmes roches porphyriques que celles sur lesquelles elles se reposent, et qu'elles participent à l'inclinaison générale que présente ce dernier système, dont les couches plongent à l'est.

Avant d'arriver à la ferme de Jorquera, on voit la vallée se rétrécir considérablement, par suite d'une masse de roches soulevantes qui la font dévier de sa direction, et qui la font descendre vers le S. S. O. Ces roches, qui ont produit, dans le terrain stratifié, des dislocations faciles à apercevoir, se trouvent accompagnées de masses de kaolins, que je considère comme des roches métamorphiques des deux terrains.

La ferme de Jorquera se trouve à 1.969 mètres au-dessus du niveau de la mer. La végétation y est encore bien pauvre; on n'y voit pas d'arbres, et les gelées survenues au commencement du mois de mars avaient détruit tous les légumes dans le jardin : on obtient cependant de très-bonnes récoltes de froment à cette hauteur. Le majordome de cette ferme m'assura qu'il neige beaucoup dans cette vallée pendant l'hiver, mais qu'il n'y pleut jamais.

Granites qui correspondent à ceux de la Iglesia Colorado.

En descendant de la ferme de Jorquera vers las Juntas, on trouve, à peu près à deux lieues de chemin, le granite. La roche est dioritique, tout

à fait semblable aux diorites de la côte. Là où cette roche sort au jour, la vallée tourne à l'ouest, mais bientôt elle reprend sa direction S.S.O, et le granite replonge sous le terrain stratifié. Il continue cependant à se montrer au fond de la vallée et à peu près à mi-pente des montagnes qui l'encaissent. Le reste, c'est-à-dire tout ce qu'on voit au-dessus de ce granite, consiste en couches de *porphyres bigarrés*, presque horizontales, et formant un groupe de roches du terrain secondaire qui n'a que 150 à 200 mètres d'épaisseur. C'est un très-bon endroit pour observer le contact de deux terrains : tantôt on voit les couches supérieures échancrées et fracturées par ces mêmes diorites qui les soulèvent, tantôt on n'y voit aucune trace de dislocations violentes. En général, on voit presque toujours la roche stratifiée soudée ou refondue avec la roche soulevante, de sorte qu'il n'existe jamais une ligne de séparation des deux terrains aussi nette que celles qu'on voit en Europe au contact de deux terrains de sédiment appartenant à des formations différentes.

A trois lieues plus bas, les diorites passent aux granites proprement dits, composés de quatre éléments et traversés par des filons de quartz micacé. La vallée tourne au S. O., et à une lieue plus loin, on se trouve de nouveau au milieu des porphyres stratifiés.

Porphyres stratifiés et couches fossilifères sur la prolongation de celles de la montagne de Manflas.

C'est dans cette nouvelle apparition du terrain stratifié, et à peu près à deux lieues de las Juntas, qu'on retombe sur des couches calcaires fossilifères, identiquement les mêmes que celles de la montagne de Manflas. Elles plongent, comme tout le terrain depuis le sommet des Cordillères, à

l'ouest, et on les voit intercalées entre les couches de porphyres et brèches porphyriques. Elles ne forment qu'un lambeau de ce terrain, n'ayant que 30 à 40 mètres d'épaisseur; elles se composent des mêmes calcaires marneux et argileux que l'on trouve à Manflas, et on y voit des bancs de 8 à 11 décimètres de puissance presque entièrement composés de débris organiques. On trouve dans ces couches les mêmes fossiles, les mêmes gryphées, térébratules, ammonites et peignes, que nous avons vus à la montagne de Manflas. Elles doivent même se trouver sur le prolongement de cette dernière. Ici, elles descendent jusqu'au fond de la vallée, qui s'élève à 1.315 mètres au-dessus de la mer.

Ce terrain stratifié occupe une partie de la côte occidentale de la vallée; on le voit affleurer sur une longueur de 300 à 500 mètres, et sur une largeur d'environ 200 mètres; puis il se cache en partie sous les roches compactes rouges, ne contenant pas de fossiles, en partie sous les porphyres et les détritus des montagnes plus élevées.

En retournant à las Juntas, on est obligé de redescendre la même vallée de Copiapo, par laquelle on est monté.

§ II. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DES TERRAINS SITUÉS ENTRE LES VALLÉES DE COPIAPO ET DE COQUIMBO. — MINES D'ARGENT DE CHANARCILLO ET DE AGUA AMARGA.

Après avoir parcouru les terrains du système des Andes chiliennes, depuis la mer jusqu'à la ligne des faîtes, sous la latitude de Copiapo, voyons ce que deviennent ces terrains dans leur prolongement au Sud. Déjà nous avons vu, dans la coupe transversale de ce système, qu'il y a un point fort important qui influe autant sur la nature des roches que sur celle des filons, et que ce point se trouve à peu près à 2 lieues à l'est de Copiapo, à la première ligne de contact des roches granitiques de la côte avec les roches de terrain stratifié. Nous avons remarqué : 1° qu'à partir de la mer jusqu'à cette ligne de la séparation des deux terrains, on ne trouve que des filons d'or et de cuivre, ne contenant pas de minéraux d'argent, d'arsenic ou d'antimoine; 2° que sur cette *ligne de contact* de terrains de différente nature, et en partant de cette ligne vers les Andes, on voyait d'abord des filons argentifères produisant des chloro-bromures d'argent et de l'argent natif (Ladrillos), puis beaucoup plus à l'est, des filons cuivreux arséniés et argentifères (San-Antonio), et encore plus à l'est, des filons plombifères (Cerro Blanco); 3° qu'à partir de ces derniers on traverse tout le système des Andes, qui a encore plus de 20 lieues à la ligne de la séparation des eaux, sans rencontre de filons métallifères.

On voit d'après cela que le géologue qui aurait pour but l'étude du système de ces terrains suivant leur direction devrait les parcourir d'abord à la distance d'environ 6 à 7 lieues de la mer, pour

examiner toutes les variétés des roches du groupe granitique littoral et les filons qui les traversent; secondement, faire le même voyage à peu près à la hauteur de la ligne de séparation des deux terrains; troisièmement, parcourir l'étage moyen du terrain secondaire, à la hauteur où se montrent les filons de cuivre gris et de galène.

De ces trois voyages, celui qui sans contredit offre le plus d'intérêt au géologue, c'est le voyage qu'on ferait en poursuivant toutes les sinuosités de la première *ligne du contact*, c'est-à-dire de la ligne des premiers escarpements stratifiés qu'on franchit près de la Tierra-Amarilla. C'est ici que se découvre un vaste champ pour les spéculations des gens qu'on nomme dans ce pays *catéadores*, et qui courent après la recherche des mines. Malheureusement, tout le pays qui s'étend à cette hauteur est tellement désert, dépourvu d'eau et de paturages, qu'en général les voyageurs, et surtout les *arriéros* ou loueurs de mules, le redoutent et le parcourent le plus vite possible, sans s'arrêter ni s'écarter du chemin. En effet, dans tout le trajet de 50 à 60 lieues de longueur, de Copiapo à Vallénar, on ne trouve que deux petites sources d'eau tellement pauvres, que celui qui y arrive le premier avec une douzaine d'animaux, ne laisse pas ce jour-là une goutte d'eau pour les autres. Le seul moyen qui reste pour visiter lentement ces tristes parages, est d'attendre une bonne année qui apporte deux ou trois pluies en hiver, et de profiter alors de l'occasion pour faire ce voyage au commencement du printemps. On assure que toutes ces montagnes qui, pendant des années entières, restent aussi arides que l'intérieur des carrières de Montmartre, se couvrent

alors des plus belles fleurs au milieu desquelles un géologue peut se promener sans être pressé par les *arrieros*. Mais ces années sont très-rares; elles n'arrivent que tous les 8 à 10 ans, et pendant mon séjour au Chili je n'en ai pas vu une seule qui me permît de faire cette excursion de la manière dont je l'aurais désiré.

Il y a deux chemins qui passent près de la ligne du contact des deux terrains entre Copiapo et Vallenar (entre la vallée transversale de Copiapo et la vallée transversale de Huasco). Le premier, nommée *Camino de travesia*, passe un peu à l'ouest de cette ligne, et traverse une plaine sablonneuse complétement aride, jouant dans la configuration extérieure et dans le groupement géologique de terrains du Chili, le même rôle que la plaine de Santiago, qui se prolonge depuis la côte de Chacabuco jusqu'à Chillan, et dans laquelle se trouvent beaucoup de villes, et plus du tiers de la population de cette république. C'est une plaine tertiaire, ayant dans quelques endroits plus de 2 lieues de largeur, entourée de montagnes basses, arrondies et granitiques. Elle se ramifie très-irrégulièrement du côté de l'Ouest, et présente un archipel d'îles granitiques au milieu d'une mer de sable où on ne voit que des petites trombes de poussière qui se meuvent, emportées par les courants ascendants de l'atmosphère. Le naturaliste qui prendrait ce chemin ne verrait rien d'intéressant, et n'aurait qu'à donner de l'éperon à son cheval pour arriver plus vite à la belle vallée de Huasco.

Le second chemin, *camino de Arriba*, passe un peu à l'Est de la ligne du contact des deux terrains, et touche aux mines d'argent de Cha-

ñarcillo, d'Algarrovito, etc. C'est par ce dernier chemin que j'ai fait mon voyage en 1843, en retournant des Cordillères de Copiapo, et je vais rapporter ici les notes que j'ai prises dans ce voyage.

Le point le plus intéressant qui se trouve sur ce chemin est la montagne de Chañarcillo; c'est par conséquent l'endroit qui va nous arrêter plus longtemps.

Coupe de terrains, depuis la vallée de Copiapo aux mines d'argent de Chañarcillo.

Prenons pour point de départ cette même Punta del Diablo (*Pl. IV*) que nous avons laissée à droite dans notre excursion précédente, et qui se trouve à peu près à 3 lieues en ligne droite à l'est de la *ligne du contact* des deux terrains. Un profond ravin, long et étroit, se dirige de cet endroit vers le sud, et, par ce ravin, passe le chemin principal qui conduit aux mines de Chañarcillo.

Voici la suite de roches principales qu'on rencontre sur ce chemin depuis la vallée de Copiapo jusqu'à Chañarcillo.

1) Les roches qui se trouvent à l'entrée du ravin, près de la Punta del Diablo, sont porphyroïdes, traversées par des filons pierreux quartzifères, et présentant les caractères des roches de l'étage inférieur des *porphyres bigarrés*. Elles forment des couches épaisses, dont les divisions par strates se distinguent à peine des divers systèmes de fentes qui coupent ces roches.

2) A quelques centaines de mètres de la Punta, on se trouve au milieu de roches compactes, noirâtres, faisant effervescence avec les acides et donnant 60 à 66 p. o/o de résidu insoluble dans les acides, et 15 à 20 p. o/o de carbonate de chaux. Parmi ces roches il y en a qui sont plus siliceuses que les autres, et qui sont d'un noir grisâtre, à

cassure conchoïde, très-homogènes et parfaitement compactes. Ces roches se composent de trois éléments qui sont : le carbonate de chaux, une argile ferrugineuse hydratée attaquable par les acides, et une autre tout à fait inattaquable par ces derniers. Un échantillon de ces roches donna à l'analyse :

0,26 de carbonate de chaux,
0,57 d'argile inattaquable,
0,17 d'argile attaquable contenant : { 0,10 fer et alumine, 0,03 silice soluble dans la potasse, 0,04 eau.
1,00

Ces trois éléments s'y trouvent à l'état d'un mélange tellement parfait et intime, qu'on n'aperçoit pas dans sa structure de grains ni de molécules hétérogènes.

3) Au milieu de ces roches, on voit, dans un défilé très-étroit et à parois verticales, un banc de roches de même nature que les précédentes, mais pétri de bivalves, qui, je crois, ressemblent à une espèce de gryphée assez commune dans les terrains fossilifères de Manflas et de Jorquera.

4) Viennent après une suite innombrable de couches de diverses épaisseurs, très-régulières, gardant un parallélisme parfait. La plupart de ces couches se composent d'un schiste calcaire très-siliceux, noir, âpre au toucher, parfaitement compacte, semblable à la pierre lydienne : ces roches, dont la couleur est due à quelques traces de bitume dont elles sont imprégnées, forment ordinairement des lits de 1 à 2 décimètres d'épaisseur, alternant avec d'autres assises de roches plus tendres et plus calcaires. La composition de ces roches varie si peu de celles du n° 2, qu'un échantillon pris à plus

d'une lieue de distance de l'endroit où on avait pris l'échantillon dont on vient de donner l'analyse (2), se trouva composé de :

0,22 de carbonate de chaux (sans magnésie),
0,61 d'argile inattaquable,
0,17 de partie soluble : { 0,09 fer, alumine, 0,04 silice soluble dans la potasse, 0,04 eau.
0,99

Tout ce système de schistes calcaires plonge à l'est, ou plutôt au S.E., sous l'angle de 45 à 50°, et occupe 5 à 6 lieues de terrain depuis la Punta del Diablo jusqu'à Ingenio.

5) A partir de ce dernier endroit, et en remontant toujours le même terrain vers le sud, on voit des roches de compositions analogues à celles que je viens de décrire, mais elles deviennent de plus en plus calcaires. On y trouve parmi les pierres roulées des fragments d'ammonites et de térébratules, mais je n'ai pas vu dans cette partie de la montagne (sur la pente septentrionale) de couches fossilifères en place.

On remarque seulement que ces couches, qui en général se succèdent les unes aux autres, sans dévier de leur parallélisme, présentent dans quelques parties de la montagne des failles et déchirures locales, par suite de quelques roches porphyroïdes qui parfois apparaissent, formant des espèces de filons-couches ou des amas de peu d'étendue.

On y trouve aussi, dans quelques localités (comme, par exemple, à une demi-lieue d'Ingenio, sur le chemin qui conduit aux mines), des roches porphyriques semblables à celles qu'on rencontre dans la partie inférieure de quelques mines

de Chañarcillo, et que nous verrons bien développées dans la montagne de Agua Amarga.

Excepté ces roches, qui sont toujours subordonnées à celles des nos 2, 4 et 5, on n'observe aucune modification notable dans le système de roches calcaires argileuses jusqu'au pied de Chañarcillo.

En arrivant maintenant à la même montagne du côté de l'est, par un chemin qui se sépare de la vallée de Copiapo, en face de Hornillo, et qui passe par Molle, on rencontre des roches tout à fait semblables aux précédentes, et qui se suivent dans l'ordre suivant :

1) Les couches les plus inférieures, celles qui touchent au fond de la vallée sont des porphyres bigarrés, les mêmes qui s'étendent dans toute la longueur de cette vallée depuis Potrero Seco jusqu'à Punta Brava.

2) Calcaires argileux semblables aux roches de la partie inférieure de la montagne de Manflas (ayant environ 50 mètres d'épaisseur).

3) Schistes argilo-calcaires et marnes feuilletées fossilifères contenant des fragments de peignes et quelques coquilles turbinées : roches tout à fait semblables à celles de la partie haute du terrain de Manflas. Les roches occupent ici un terrain d'environ 80 mètres d'épaisseur, et arrivent jusqu'au sommet de la côte. Ici commence un large plateau qui s'étend jusqu'à Chañarcillo.

4) Ce plateau, qui s'allonge dans la direction N.E.-S.O., est d'abord formé de roches calcaires semblables aux précédentes, mais ensuite on les voit remplacées par des porphyres argileux et des brèches porphyriques, qui ont environ 4 lieues d'étendue.

5) Ces dernières arrivent jusqu'à Molle, où on

retrouve le même système de roches argilo-calcaires que nous avons signalées du côté nord-ouest de Chañarcillo. Ces roches calcaires alternent encore dans quelques parties du terrain avec des assises de roches porphyriques; ce qui fait voir que ce groupe de roches calcaires appartient à la même époque géologique, au même *terrain*, que les porphyres bigarrés.

Parmi les couches calcaires qui se montrent de ce côté de la montagne de Chañarcillo, il y en a qui contiennent beaucoup de débris organiques, notamment des coquilles univalves turbinées (turritella Andii, *d'Orb.*), deux espèces de peignes et des térébratules comme celles de Manflas.

A partir de Molle, on descend par un ravin qui court de l'est à l'ouest, et arrive jusqu'au pied de la montagne de Chañarcillo. Dans ce trajet, comme dans celui du chemin d'Ingenio, on remarque que tout le système de stratification de ce terrain plonge à l'est et se prolonge dans la direction du méridien magnétique, à l'exception des couches de la partie de la montagne qui renferme les filons d'argent, et dans laquelle on exploite les mines. En effet, les couches de cette partie sont presque horizontales, et en les observant de loin, on voit qu'une certaine cause locale les a retenues et empêchées de participer au mouvement général qu'a subi le terrain.

Passons maintenant à la description de la montagne de Chañarcillo et des mines d'argent que l'on y exploite.

Chañarcillo.

Situation. La montagne de Chañarcillo (*Pl. VI*) se trouve à peu près à 14 ou 15 lieues en ligne directe de la

côte; mais on compte 33 à 34 lieues de Chañarcillo au Port de Copiapo, en passant par la vallée de Copiapo et la Quebrada del Ingenio. Cette montagne est plus rapprochée de Vallenar, qui est le chef-lieu du département du Haut-Huasco, que du port de Copiapo. Les environs sont tout à fait arides; les habitations les plus rapprochées sont à 7 lieues des mines du côté du nord, et on n'en trouve du côté du sud qu'à 28 lieues de distance, dans la vallée de Huasco: quant à la partie de l'est et de l'ouest, un désert aride s'étend depuis la mer jusqu'au sommet des Andes. Dans tous les environs, il n'y a de l'eau qu'à Ingenio et à Molle, et encore on n'y trouve que des sources qui suffisent à peine aux besoins des mineurs qui travaillent à Chañarcillo.

Le climat de cette montagne est très-doux et tempéré; mais il n'y pleut que tous les 8 à 9 ans. Malgré cela, le ciel y est couvert presque tous les matins par des brouillards qui viennent de la mer, et qui descendent lentement par la *travecia*, où ils disparaissent sur les 10 à 11 heures avant midi. Il est rare que le thermomètre y monte à plus de 20° C. à l'ombre, et qu'il descende au-dessous de + 9°. Du reste, le vent de l'ouest souffle pendant la journée comme sur toute la côte du Chili, le calme vient à la nuit tombante, et le *terral* avant le jour. Climat.

La montagne de Chañarcillo s'élève à 1.226 mètres au-dessus du niveau de la mer. C'est à peu près la même hauteur que celle des mines d'argent de San Antonio, Agua Amarga, Arqueros, Algodones, etc. Elle est terminée à son sommet par un plateau d'environ 500 mètres de longueur du S.O. au N.E., et 100 mètres de largeur. Les pentes sont beaucoup plus rapides du côté de l'ouest que du Hauteur et topographie

côté de l'est, et elle se trouve coupée ou séparée des autres montagnes de tous côtés, excepté du côté du nord, où elle se rattache à un chaînon de montagnes qui la dominent.

Deux profonds ravins descendent de la partie la plus élevée, et en même temps la plus riche du plateau. L'un d'eux se dirige au S.O., et l'autre au S.S.E. Ces deux ravins, comme on le verra dans la suite, correspondent pour ainsi dire à deux principaux filons de la montagne.

A l'extrémité méridionale de celle-ci se trouvent deux hautes collines, l'une conique et l'autre ovale, qui par la régularité des couches dont elles se composent, et qui affleurent également de tous côtés, présentent des formes en limaçon lorsqu'on les observe du haut de la montagne : ce qui fait qu'on a l'habitude de les appeler montagnes à limaçons ou *caracoles*.

Toute la montagne, depuis le point le plus élevé du plateau du côté du nord (près de la mine la Gloria) jusqu'à son extrémité méridionale, où se trouvent les deux collines à limaçon, n'a que 1.500 à 1.600 mètres d'étendue, et occupe en largeur un espace d'environ 800 mètres. C'est aussi l'espace dans lequel se trouvent comprises toutes les mines d'argent de Chañarcillo.

Une large vallée du côté de l'ouest sépare ces mines d'une montagne plus élevée que celle de Chañarcillo, et dans laquelle se trouvent les mines d'argent de Pujonales, et une autre vallée du côté de l'ouest les sépare d'un groupe de montagnes dans lesquelles, à peu près à 3 lieues au sud-est de Chañarcillo, on exploite les mines d'argent de Bandurrias. Enfin, au pied de l'extrémité sud de Chañarcillo commence la grande *travesia*, ou

plaine sablonneuse dont j'ai déjà eu l'occasion de parler.

Décrivons maintenant la constitution géologique de cette montagne :

Tout le terrain de Chañarcillo se compose de roches calcaires, compactes ou terreuses, plus ou moins argileuses, quelques-unes dolomitiques, d'autres ne contenant presque pas de traces de magnésie. On n'y voit pas de grès, ni de schistes proprement dits; point de conglomérats ni de roches à structure cristalline. Toute la montagne est formée de couches régulières, presque horizontales ou légèrement inclinées à l'ouest en stratification concordante. Tout, dans l'aspect de ce terrain, annonce une période de tranquillité et une continuité de causes agissantes. Terrain. Roches.

L'argile de ces roches se compose de deux parties distinctes, dont l'une est une argile blanche, inattaquable par les acides, tandis que l'autre est un hydrosilicate d'alumine et de fer attaquable par les acides, dont la silice est soluble dans une solution de potasse. C'est surtout la proportion très-variable de cette dernière argile, qui fait varier l'aspect de la roche, sa compacité, sa cassure, et qui influe peut être sur la richesse des filons qui la traversent.

La couleur grise, plus ou moins bleuâtre, qu'ont la plupart de ces roches n'est pas due au bitume, mais au silicate de protoxyde de fer qu'elles renferment. Aussi elles donnent des résidus blancs, lorsqu'on les fait bouillir avec l'acide muriatique.

Je n'ai pas trouvé de débris organiques dans toute la partie de la montagne qui renferme les filons métallifères, quoiqu'on en trouve, comme je viens de dire, autant sur le chemin de l'est,

près de Molle, que sur le chemin du nord-ouest, aux environs d'Ingenio. On m'a cependant assuré qu'on trouva une ammonite dans la roche encaissante de la mine de Reventon Colorado, à plusieurs vares de profondeur au-dessous de la surface.

Il y a environ 300 mètres de distance verticale du sommet du plateau aux travaux les plus profonds de la mine la plus basse de cette montagne, et on pourrait distinguer trois parties ou étages sur cette épaisseur du terrain, comme l'indique la coupe, *fig.* 4, *Pl. V.* Commençons par en haut.

(A) Étage supérieur. – *Manto.*

(A) Le plateau du sommet de la montagne se compose d'une couche dont l'épaisseur varie à cause de l'inégalité de la surface, mais qui dans la partie nord-est atteint 25 à 30 mètres d'épaisseur. Cette couche se compose d'une roche marneuse dolomitique contenant plus du tiers de son poids d'argile. Sa couleur est d'un gris jaunâtre et sa cassure plane, couverte de dendrites. Toute la roche se trouve fendillée en tous sens, et souvent remplie de cavités et de vides produits par ce même fendillement. Les surfaces des fentes, comme aussi celles des cavités, sont couvertes de tout petits cristaux éclatants de chaux spathique. On trouve aussi de ces mêmes cavités remplies de fragments anguleux de la même roche, et chaque fragment couvert de tous côtés de la même croûte cristalline que les parois des cavités. On voit même, sur la pente orientale du plateau, une partie de cette couche tellement fracturée, qu'elle se présente comme une réunion d'énormes blocs anguleux de la même roche, et les interstices que laissent entr'eux ces blocs se trouvent remplis d'une matière marneuse, pulvérulente comme de la craie, mélangée de petites pierres de la même couche.

Cette matière pulvérulente donna à l'analyse :

Carbonate de chaux.	0,335
Carbonate de magnésie. . . .	0,052
Alumine et oxyde de fer. . .	0,101
Silice soluble dans la potasse.	0,170
Argile inattaquable.	0,270
Eau et perte.	0,072
	1,000

C'est au milieu de cette couche, dans les fentes, les vides et les cavités de la roche, qu'on a trouvé des masses considérables de minerai chloro-bromuré d'argent. En général, l'aspect extérieur de cette roche, ses innombrables fentes et dislocations, ses vides et cavités remplis de morceaux fracturés de la même roche, tout dénote que cette partie de la montagne a éprouvé sur place des secousses réitérées, postérieures à sa formation, et indépendantes du mouvement qu'a subi le reste du système. Nous nommerons cette partie de la montagne *couche du plateau*; les mineurs ont l'habitude de la distinguer des parties inférieures du même terrain par le nom de *manto* (couche).

(B) Étage moyen. Couches stériles : *Mesa-Piedra.*

(B) Au-dessous de cette couche vient une suite de couches de diverses épaisseurs qui composent cette partie de la montagne que les mineurs appellent *mesa-piedra*, et qu'ils considèrent comme entièrement stérile, parce que la plupart des filons qui la traversent deviennent pauvres ou entièrement stériles. Les roches qui constituent cet étage diffèrent peu, quant à leur composition, des roches qui sont au-dessous; elles sont en général plus argileuses, plus compactes, se cassent suivant des fissures, de sorte qu'il est très-difficile d'obtenir une cassure fraîche. En outre, les surfaces de cassure présentent ordinairement

des dessins dendritiques, et la roche exhale une forte odeur d'argile en haleinant dessus.

Un échantillon de roche de cette *mesapiedra*, pris dans la mine de Valenciana, donna 58 p. 100 d'argile inattaquable, et 6 p. 100 d'argile attaquable par les acides.

Les couches de cette partie de la montagne sont plus régulières que celles d'en haut, et ne présentent pas les mêmes fentes et cavités que nous avons signalées dans la précédente : tout cet étage de la *mesa-piedra* a environ 100 mètres d'épaisseur.

(C) Etage moyen. Couches productives. — *Mantos pintadores.*

(C) A peu près à 130 mètres au-dessous de la surface du plateau, commencent les couches que les mineurs appellent *mantos pintadores* ou couches qui font enrichir les filons. La roche la plus commune de cet étage est un calcaire argileux contenant environ 40 p. 100 de résidu inattaquable par les acides, et ne renfermant que quelques traces de magnésie. Sa couleur est d'un gris bleuâtre, moucheté de jaune; sa structure est compacte, sa cassure conchoïde, esquilleuse dans quelques parties. En général, cette roche ressemble beaucoup aux calcaires les plus répandus dans le terrain de muschelkalk en Europe.

L'étage qui comprend toutes ces couches, ou *mantos pintadores*, renferme la principale richesse des mines de Chañarcillo et le véritable gisement des minerais chloro-bromurés d'argent. Il descend à 30 ou 40 mètres au-dessous de la surface dans la mine de San José, qui se trouve située à la partie basse de la montagne. Les deux collines en limaçons se trouvent aussi dans la même région, et je crois ne pas me tromper beaucoup en évaluant à 120 mètres l'épaisseur de tout cet étage, qui, du reste, se trouve divisé en couches de di-

verses épaisseurs, mais toujours formées de la même roche. En effet, celle-ci ne souffre que de très-légères modifications dans sa structure et sa couleur, et ses couches sont ordinairement épaisses, quelquefois séparées par un lit extrêmement mince d'une argile jaunâtre.

(D) Au-dessous de cet étage, à peu près à 240 mètres au-dessous de la surface du plateau (A), on arrive à une seconde *mesa-piedra*, semblable à celle d'en haut (B), laquelle fait disparaître les minerais dans les filons, de la même manière que l'autre. Elle se compose de roches plus argileuses, plus dures et plus compactes que celles de l'étage précédent (C), et elle ne paraît pas être moins épaisse que celle d'en haut (B). On ne l'a observée jusqu'à présent que dans la mine de San José, et par conséquent on ne peut pas encore décider si elle rend en effet les filons stériles dans toute l'étendue de la montagne, ou seulement dans la mine citée. (D) Étage inférieur.

C'est aussi dans cette dernière, au fond des travaux les plus profonds de toute la montagne, qu'on est arrivé à une roche porphyroïde semblable à celle qu'on voit sur le chemin d'Ingenio à Chañarcillo. Cette roche fait effervescence avec les acides; on voit dans son intérieur de tout petits cristaux incomplets feldspathiques disséminés au milieu d'une pâte grise, et les fentes de cette roche sont enduites d'une argile rouge. On a trouvé cette roche composée de :

Carbonate de chaux. . .	0,076	
— de magnésie.	0,034	
Partie attaquable par les acides.	0,316	tenant 0,08 de silice soluble dans la potasse.
Partie inattaquable. . .	0,572	
	0,998	

J'ajouterai seulement d'abord, que les roches argileuses, celles qui contiennent une petite proportion de carbonate de chaux, prennent quelquefois une structure schistoïde, comme on en voit l'exemple sur la pente occidentale de la montagne, près de Bolaco Nuevo; secondement, qu'en allant du côté du nord-est, vers les montagnes qui touchent à celle de Chañarcillo, on rencontre quelques assises de roches porphyriques, qui ont les mêmes caractères extérieurs que la roche citée sur le chemin de Ingenio, et les roches que nous verrons plus développées dans la montagne de Agua Amarga.

Passons maintenant à la description des filons.

Filons.

Beaucoup de filons et de veines métallifères coupent et traversent la montagne de Chañarcillo; mais au milieu de tous les filons qu'on a exploités jusqu'à présent, on distingue particulièrement:

Trois parties principales du gisement.

(1) Le filon de *la Descubridora* (*corrida de la Descubridora*).

(2) Le filon de *la Colorada* (*corrida de la Colorada*).

(3) Une couche-filon nommée *manto*, située dans la couche du plateau (A).

Les deux premiers sont inclinés et ont des directions différentes : l'un, qui est le filon de la Colorada, court de N.29° à 30°O. au S.29 à 30°E., et l'autre, le filon de la Descubridora, dévie peu de la direction de l'aiguille aimantée, quoique son affleurement, à cause de l'inclinaison de ce filon à l'est, et de la pente sur laquelle il affleure, marque sur le plan une direction N.N.E. Tous les deux plongent à l'ouest; mais celui de la Colorada se rapproche beaucoup plus de la verticale que l'autre : les mineurs admettent que celui-là

recule de 5 à 6 vares vers l'ouest par chaque 100 vares de hauteur verticale, tandis que le dernier recule jusqu'à 25 vares pour la même distance verticale.

Tous les deux ont été reconnus et exploités sur une longueur de plus de 1.200 mètres, et on les a trouvés de même nature quant à leurs minerais, leurs gangues et la distribution de leur richesse. On remarque surtout une constance parfaite dans leur direction et leur inclinaison.

Quant au *manto*, il diffère entièrement de chacun les deux, comme nous verrons dans la suite.

Je vais rapporter quelques détails sur chacun de ces trois filons principaux.

(1) Le *filon de la Descubridora* (*corrida* ou *veta real de la Descubridora*) a été connu le premier de tous. Sa gorge (garganta), c'est-à-dire le point où il commence à être visible à la surface de la partie haute de la montagne, se trouve immédiatement au-dessous de la *couche du plateau* (A) et sur un escarpement de la pente sud-est de cette montagne. Il ne perce pas cette couche ; au contraire, cette dernière le coupe et le fait disparaître complétement. Dans cette gorge, tout près de la surface, on trouva une masse considérable de minerai excessivement riche, composée de chlorure d'argent et d'argent métallique ; mais cette masse s'y trouva concentrée sur un seul point, à partir duquel le filon devint stérile, et il fallût descendre à peu près à 80 mètres plus bas pour arriver à l'endroit où ce filon recommençait à devenir riche. C'est à peu près à cette distance de la *gorge* du filon que se trouve l'entrée principale de la mine nommée la Descubridora, et à partir de là on a poursuivi les travaux d'exploita-

(1) **Filon de la *Descubridora*.**

tion jusqu'à plus de 100 mètres de profondeur, sans cesser d'en tirer 12.000 à 15.000 marcs d'argent tous les ans. Arrivé à cette profondeur, le filon cessa tout d'un coup d'être productif; cet endroit se rapproche probablement de la seconde *mesa-piedra* (D), que nous verrons faire disparaître l'argent dans la mine de San José. On voit que toute l'épaisseur du terrain, depuis la *gorge* jusqu'à l'entrée principale de la mine, correspond à l'étage de la première *mesa-piedra* (B), et que tout ce qui suit depuis cette entrée jusqu'à l'endroit où le minerai d'argent disparut, constitue l'étage des *mantos pintadores* (C). On observe que les couches de ces *mantos* de la mine de la Descubridora se trouvent souvent divisées par des lits d'argiles et marnes argileuses friables, terreuses, et que la roche même y est fissurée dans beaucoup d'endroits, et présente quelques traces de dislocations semblables à celles de la couche supérieure (A).

Le filon a ici 7 à 8 décimètres de puissance, et dans quelques endroits, près du sol, devient plus large. Les mineurs le considèrent comme composé de deux filons qui courent parallèlement l'un à l'autre, et qui, tantôt se réunissent et n'en forment qu'un seul, tantôt se séparent, sans jamais s'éloigner de plus de 5 à 6 décimètres l'un de l'autre. On y remarque en outre une veine qui les accompagne, et c'est à la jonction de celle-ci avec les autres qu'ordinairement on rencontre des masses considérables de minerais.

La gangue des minerais de cette mine a toujours été carbonatée, mélangée d'une argile ferrifère. Les carbonates qui entrent dans sa composition sont des carbonates de chaux, de fer, de

magnésie, de zinc et de manganèse. Le sulfate de baryte y est moins abondant que dans les autres mines d'argent du Chili. La partie métallifère des minerais se compose principalement de chloro-bromures d'argent, mélangés d'argent natif et d'une petite proportion de sulfure et de sulfo-arséniure d'argent. Cependant, ces minerais chloro-bromurés ne se montrent pas en égale abondance dans toute l'épaisseur de cet étage de *mantos pintadores*. Ils proviennent particulièrement de la partie supérieure du filon, jusqu'à la distance de 60 à 70 mètres au-dessous de l'entrée de la mine. A partir de cette profondeur, la gangue devient de moins en moins calcaire, et le minerai change de nature. D'abord c'est le chlorure pur ou mélangé de sulfure qui remplace les chloro-bromures, puis la proportion de sulfure d'argent, d'argent antimonié, d'arsenic natif et d'argent rouge arsénié (rubin blende) commence à augmenter : de sorte qu'à une profondeur d'environ 100 mètres au-dessous de l'entrée de la mine, on ne trouve presque pas de trace de chloro-brómure, et les minerais deviennent sulfo-arséniurés et antimoniés.

A la suite de la mine la Descubridora, se trouvent encore dans le même filon trois propriétés de mines nommées la *Carlota*, la *Santa Rita* et *San Felis*. Toutes les trois ont produit des gangues et des minerais de même nature que la Descubridora. Seulement, comme elles sont situées beaucoup plus bas que celle-ci, leurs minerais chloro-bromurés disparurent plus vite, et elles n'ont jamais produit de richesses comparables à celles de la Descubridora. On a aussi remarqué que les minerais qu'on extrait de la partie inférieure de ces trois dernières mines se trouvent mélangés de

galène et de carbonate de plomb, dont on ne trouve pas de traces dans ceux de la première.

(2) Filon de la Colorada.

(2) Le *filon de la Colorada* est aussi connu sous le nom de *filon de San Francisco*. Sa *gorge* ou *tête de filon* se trouve aussi immédiatement au-dessous de la *couche du plateau* (A), et sur un escarpement tout à fait semblable et situé de la même manière que celui de la gorge du filon précédent; il ne se montre que sur la pente méridionale de la montagne et se trouve coupé par la couche supérieure (A) qui ne lui permet pas d'affleurer à la surface du plateau.

La Valenciana.

La première propriété de mine qu'on voit du côté du Nord dans ce filon, est la mine nommée la Valenciana Cobriza. Elle a très-peu d'étendue, à peine une centaine de mètres de longueur; elle ne possède qu'une très-petite partie de la pente méridionale de la montagne, mais elle s'étend sur une partie du manto, c'est-à-dire de la couche du plateau (A), dans laquelle, comme nous le verrons, les masses métallifères se trouvent réparties horizontalement. Il s'ensuit qu'une partie des travaux de cette mine ne présente qu'un labyrinthe de galeries horizontales très-irrégulières, contournées dans toutes les directions.

Les premiers possesseurs de cette mine ont extrait des quantités considérables de minerais de la partie du *manto* qui leur appartenait, et de la ligne de contact de ce manto avec le filon. Mais dès qu'on entra dans ce dernier, on le trouva stérile, et on fut obligé de traverser toute l'épaisseur de la première *mesa-piedra* (B) (plus de 100 mètres) sans trouver la moindre trace de minerai d'argent. Le filon dans ce trajet conservait sa direc-

tion, son inclinaison et sa largeur; les gangues étaient parfois très-ferrifères; les parois bien alignées. Le mineur qui m'accompagnait (lorsque, en 1840, je visitai cette mine pour la première fois) me fit l'observation, que tant que la montagne continue à être *ferme*, et les parois (las cajas) bien réglés, il n'y a pas d'espérance pour la mine, qui ne commencera, me disait-il, à produire du minerai d'argent, que lorsque la roche encaissante se montrera dérangée (*desbaratada*) dans ces couches, et présentant des fentes et filons croiseurs. Lorsque j'ai visité pour la seconde fois ces mines, en 1843, on était à 112 mètres au-dessous la *couche du plateau* (A) et on commençait à travailler dans les *mantos pintadores* (C). On sortait même déjà du minerai contenant des chloro-bromures comme ceux de la Descubridora, et on voyait de tout petits feuillets de ce minerai disséminés dans la roche encaissante, qui, à cette profondeur, renfermait 0,54 de carbonate de chaux magnésien. On approchait alors d'une couche dans laquelle le même filon dans une mine à côté, nommée la Colorada, donna pour plus de 200 000 piastres (un million de francs) d'argent dans peu de mois, et il était facile de prévoir ce qui pouvait arriver à Valenciana, quand on serait descendu, 25 à 30 vares plus bas, au niveau de la couche mentionnée. En effet, quelques mois après, on rencontra dans cette mine du minerai chloro-bromuré en telle abondance, qu'on sortait environ 3 caissons (200 quintaux) de ce minerai par jour, et la loi du minerai était de 0,012 à 0,015 d'argent.

Je cite ce fait, que j'ai eu l'occasion de constater par mes mesures et observations propres, pour

faire voir la régularité avec laquelle la principale richesse de ces mines se trouve disposée dans l'intérieur de ces filons : cela me rappelle cette règle générale que j'ai souvent entendu répéter par les mineurs les plus expérimentés du Chili, que, dans les montagnes stratifiées (cerros de fajas), la partie la plus riche du filon (*el beneficio*) suit de préférence certaines couches privilégiées, et que ce sont ces couches qui rendent le filon métallifère (*son los mantos que hacen pintar la veta*); tandis que dans les montagnes massives non stratifiées les parties riches des filons descendent verticalement en forme de veines ou cheminées, et se trouvent presque toujours accompagnés par des filons croiseurs (1) (cruceros) : ils disent que, dans ce cas, ce sont les *croiseurs* qui enrichissent le filon (*son los cruceros que hacen pintar la veta*).

A la suite de la Valenciana, en descendant vers le sud, se trouve, dans le même filon, la mine nommée *la Esperanza*, une des plus riches de Chañarcillo. Cette mine étant située plus bas que la précédente, il n'a pas été nécessaire de traverser toute l'épaisseur de la première *mesa-piedra* (B) pour arriver aux *mantos pintadores* (C). Par cela même on est arrivé beaucoup plus vite à la partie riche du terrain, qu'à la mine de la

(1) On appelle, au Chili, *croiseur* (crucero), tout filon secondaire qui s'unit au filon principal, formant avec celui-ci un angle quelconque. On distingue parmi ces croiseurs, les *cruceros parados*, ceux qui sont presque verticaux; les *cruceros tendidos*, ceux qui sont horizontaux; les *cruceros pintadores*, ceux qui font apparaître le minerai dans les filons, etc.

Valenciana. Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner avec autant de loisir cette mine que la première; mais je sais que lorsque les mineurs de la Valenciana entrèrent avec leurs travaux dans la région de ces *mantos pintadores*, ils y saisirent en flagrant délit ceux de la Esperanza, qui s'étaient déjà introduits dans cette région et en retiraient du minerai riche, sans s'embarrasser de la limite qui divise les deux propriétés.

Après la Esperanza vient la Colorada, mine qui, jusqu'à l'époque actuelle, a donné plus d'argent qu'aucune autre mine de Chañarcillo. L'entrée, ou la *boca-mina* de cette mine, se trouve à peu près à 100 mètres au-dessous de l'entrée de la Valenciana, et la principale richesse qu'avait produit cette mine vient d'une profondeur de 20 à 30 mètres au-dessous de la surface. Cette grande richesse provient plutôt de l'abondance du minerai que de sa loi, qui se trouve souvent beaucoup plus élevée dans les autres mines qu'ici. Il est rare cependant que ces minerais contiennent moins de 200 marcs au caisson (0,016 d'argent), tant la teneur de ces minerais de Chañarcillo surpasse en général celles des minerais les plus riches du Mexique et du Pérou. J'ai vu un endroit où chaque vare de longueur ($0^{m},836$) de minerai extrait dans une galerie horizontale d'environ 2 mètres et demi de largeur donna environ 1.000 marcs d'argent. Cela peut nous donner en même temps l'idée de la différence qu'il y a entre la quantité de minerais que les meilleures de ces mines produisent par an, et celle qu'on extrait tous les ans des mines de Potosi et de Pasco, quand on prend en considération que la teneur de ces derniers minerais dépasse rarement 20 marcs au caisson, et que cepen-

dant, seulement des mines de Pasco, à cette époque de guerre et de misère, on retire trois fois plus d'argent que n'en produisent toutes les mines du Chili.

Le produit de cette mine dans les années de sa plus grande prospérité n'a pas dépassé 20.000 marcs d'argent par an. Ses minerais sont de véritables *colorados*, c'est-à-dire, des mélanges d'une argile ocracée rouge ou jaunâtre et de carbonates, contenant du chlorure et du chloro-bromure d'argent. On a trouvé, en outre, à peu près à 60 mètres de profondeur au-dessous de l'entrée de la mine (boca-mina), un minerai de carbonate de plomb, contenant 4 à 6 p. o/o d'argent, dont tout l'argent se trouve à l'état de chlorure, et que je n'ai jamais vu dans aucune autre mine du Chili.

A la suite de la Colorada viennent deux autres propriétés de mines, *El Desempeño* et la *Bocona*, séparées par un ravin qui coupe le filon et se dirige du N. au S. Ces deux mines n'ont offert jusqu'à présent que peu de minerai et rien de remarquable.

San José. Vient enfin la dernière propriété dans ce filon la mine de San Francisco, qui a été, il n'y a pas longtemps, divisée en deux, San José et San Francisco. Cette mine se trouve déjà à la partie la plus basse de la montagne : elle touche aux dernières couches de ces *mantos pintadores* (C.) auxquels les trois premières doivent toutes leurs richesses. On n'a trouvé du minerai chloro-bromuré que tout près de l'affleurement. Il a été ici aussi riche qu'aux affleurements de la Descubridora et dans d'autres mines plus élevées. Mais bientôt, le minerai, la gangue et la roche

encaissante changèrent de nature. La roche devint plus argileuse, plus compacte ; elle commença par rétrécir le filon, puis elle le rejeta un peu à l'ouest, et le filon devint stérile. On descendit plus de 40 mètres sans voir la moindre trace d'argent, puis on retrouva pour la seconde fois le même filon productif, riche en argent, quoique ce dernier s'y montrât sous un aspect tout à fait différent et accompagné de minéraux dont on ne trouvait pas de traces dans la partie supérieure. Ici, la presque totalité de l'argent était à l'état métallique ou à l'état d'argent sulfuré, associé à de l'arsenic natif et à de l'argent arsénio-sulfuré. La loi du minerai dépassait encore 4 à 5 p. o/o; la gangue était toujours calcaire, mais déjà mélangée de quartz et ne contenant que peu d'hydrate de fer et de sulfate de baryte.

Ce minerai disparut dans la profondeur, et le filon redevint stérile. Lorsque j'ai visité pour la seconde fois cette mine, en 1842, on était alors à 106 mètres au-dessous de la surface, et à cette profondeur le filon était encore calcaire, marneux ; mais la partie métallifère qu'il renfermait ne ressemblait plus en rien aux minerais de Chañarcillo. Elle se composait presque exclusivement de blende et de pyrite de fer, et la roche encaissante était porphyroïde, ne contenant, comme je l'ai déjà dit (page 439), que 10 p. o/o de carbonates, mélangés avec une argile en partie attaquable par les acides. On en retirait encore du minerai riche et en quantité considérable, mais seulement des travaux supérieurs, tandis que les travaux d'en bas, du fond de la mine, ne laissaient que peu de profit au propriétaire. Le point auquel on était arrivé à cette époque se trouvait, d'après mes mesures

barométriques, à 911 mètres au-dessus du niveau de la mer, et par conséquent à 324 mètres au-dessous de la surface du plateau de Chañarcillo. C'était le point le plus bas auquel on fût arrivé dans l'exploitation des mines de cette montagne.

(8) Manto.

(3) Le *Manto* est, comme j'ai déjà dit, cette partie de la richesse minérale de Chañarcillo, qui se trouve renfermée dans la couche du plateau (A). J'ai déjà dit quelles sont les roches qui composent cette couche, et quelle est leur structure en grand. Or ces roches et tout le terrain qui constitue le plateau le plus élevé de la montagne, et qui n'a que 20 à 30 mètres d'épaisseur, se trouvent coupés par diverses veines métallifères verticales et par une infinité d'autres qui se dispersent très-irrégulièrement, et se divisent en masses et rognons engagés dans la partie la plus fracturée de la montagne. Ce n'est pas précisément un *filon-couche*, mais plutôt une espèce de *stockwerk* étendu horizontalement, au milieu d'un système de couches subdivisées. On remarque que la partie la plus fracturée et la plus métallifère de la couche ne s'étend pas dans toute la largeur de la montagne, mais affleure seulement sur la pente méridionale, immédiatement au-dessus de la première mesa-piedra (B) : elle ne fait que couronner de ce côté les têtes des deux principaux filons. En observant à la simple vue la situation qu'occupe ce *manto* dans tout l'ensemble de la montagne, on dirait qu'à une époque postérieure à la formation de cette dernière, toute la *couche du plateau* (A) fut soulevée et ouverte du côté du sud, au moment où les vapeurs métalliques, sortant par les fentes des filons inférieurs et cher-

chant une issue à travers cette couche, se condensèrent dans ses fentes et ses crevasses.

En effet, la plus grande richesse de ce *manto* a été trouvée sur l'escarpement méridional de la couche du plateau, à l'endroit le plus fracturé et le plus fendillé de la roche. On cite une énorme masse de minerai d'argent trouvée dans ces crevasses, près de la *gorge* du filon de la Descubridora dans une mine nommée *manto de los Bolados*. On a extrait seulement de la croûte de cette masse plus de 60 quintaux d'argent en minerai chloro-bromuré, et le noyau qui restait et qu'on fut obligé de couper au ciseau, pesait plus de 38 quintaux et se composait d'un mélange de chlorure et d'argent métallique. Cette masse (bolon de plata) avait son gisement au milieu d'énormes blocs anguleux, tout à fait irréguliers, de la même roche qui constitue la couche du plateau (A), et qui évidemment avait été brisée et fractionnée sur place. Les vides et les interstices entre ces blocs étaient remplis de marnes blanches et jaunâtres terreuses, qui contenaient aussi de ce même minerai disséminé en particules très-petites.

Une autre mine, de la même nature que la précédente et qu'on est encore en train d'exploiter avec bénéfice, se trouve située tout près de la tête du filon de la Colorada et se nomme manto de los Cobos. Les travaux de cette mine ne présentent que des grottes et cavités excessivement irrégulières et point de galeries.

Il y a cependant dans cette même couche du plateau A une mine nommée *las Guias* où on exploite des veines assez régulières qui courent du N. au S., mais qui ne correspondent pas du tout aux veines ni filons qui se présentent au-dessous

de cette couche dans la *mesa-piedra* et les couches inférieures.

En général tout l'argent contenu dans ces mines de la couche supérieure du plateau, comprises sous le nom de *manto*, se trouve à l'état de chloro-bromure. Ses gangues sont argilo-carbonatées ferrifères, et le minerai forme des rognons de diverses grandeurs empâtés dans une substance argileuse. Il n'est pas rare de rencontrer à la surface de ces rognons de tout petits cristaux octaédriques ou cubo-octaédriques de chloro-bromure vert, qui changent très-vite de couleur par l'action de la lumière et prennent des teintes grises, ou grises verdâtres, et jamais violacées. On a trouvé, dans le *manto de los Cobos*, des rognons du poids de plusieurs kilogrammes, composés de masses compactes, verdâtres et brunâtres, à cassure conchoïde ou inégale, cassantes, et composées d'un mélange de sous-sulfate de cuivre, d'arséniate de cuivre, de carbonate et de silicate du même métal, etc. Leur croûte est recouverte de petits cristaux de chaux spathique et de chloro-bromure d'argent qui tantôt se montre mamelonné, tantôt cristallisé ou disséminé en grains amorphes au milieu de la gangue. Le centre de ces rognons et la masse compacte verte ne contiennent presque pas d'argent. Je n'ai vu ce minerai dans aucune autre mine du Chili.

Filons et veines secondaires.

Je dois maintenant dire que, outre ces trois sources principales de la richesse de Chañarcillo (les deux *filons* et le *manto* que je viens de décrire), il y a grand nombre de filons secondaires, filons croiseurs et veines, qui sont exploités, et dont on a retiré jusqu'à présent des richesses assez considérables. La seule veine nommée

Guia de Carballo a produit pour plus de 600.000 piastres d'argent; une autre nommée *Reventon Colorado* a été trouvée aussi riche que la précédente, et en général, on y trouve les mêmes minerais chloro-bromurés que dans les filons principaux. On en a même extrait des veines de 4 à 8 et 12 lignes de largeur de chloro-bromure vert, semi-transparent, parfaitement pur, concrétionné ou stalactiforme. Les échantillons de ces veines sont actuellement très-rares, et on en trouvait beaucoup, d'après ce que j'ai ouï dire, dans les premiers temps de la découverte des mines de Chañarcillo, lorsqu'on était à exploiter les affleurements de ces filons.

Il ne me reste qu'à ajouter que parmi le grand nombre de filons qui traversent la montagne de Chañarcillo, il y en a qui, jusqu'à présent, ont été trouvés complétement stériles, sans accuser la moindre trace d'argent. On cite, par exemple, un large filon situé entre deux principaux filons, passant, on peut dire, par le centre de la partie métallifère de la montagne, et parallèle aux filons les plus productifs de ce terrain, qui, malgré sa situation si avantageuse, et l'identité de ses gangues avec celles de minerais riches, a été toujours trouvé stérile, et a ruiné beaucoup de mineurs.

Histoire de ces mines.

La découverte des mines de Chañarcillo ne date que de 1831. Un pauvre montagnard nommé Godoy, étant à chasser les guanacos, s'était reposé à l'ombre d'un énorme bloc de rocher qui sortait de l'affleurement du filon de la Descubridora. Frappé de la couleur et d'un certain aspect métallique de la partie saillante du rocher, il commença à le gratter avec son couteau, et voyant qu'elle se

laissait couper comme du fromage (suivant la manière dont il s'exprimait), il emporta un morceau de ce rocher à Copiapo, où il fut reconnu pour du *plata-plomo*, c'est-à-dire pour de l'argent corné. Il offrit la moitié de sa mine, qui, depuis ce temps, prit le nom de la Descubridora, à Don Miguel Gallo, un des plus vieux mineurs de cette province, à qui le sort n'avait jamais été prospère dans sa jeunesse. D'après l'arrangement qui eut lieu, Gallo devait fournir l'argent nécessaire pour l'exploitation, et le profit devait être partagé entre lui et Godoy. Le hasard voulut qu'on tombât sur la partie la plus riche du filon, et on commença, dès les premiers jour de l'exploitation, à extraire des valeurs considérables. Mais Godoy, comme tous ceux qui découvrent les mines, n'eut pas la patience d'attendre. Séduit par l'espérance d'en découvrir d'autres meilleures, il vendit la moitié de la mine qui lui appartenait pour 14.000 piastres, dissipa son argent et mourut pauvre.

La nouvelle de cette découverte attira bientôt à Chañarcillo une foule de mineurs de tous côtés. Les premiers auxquels le sort se montra aussi favorable qu'à Godoy, furent deux frères, nommés Peralta Bolados, propriétaires d'un petit *rañcho* (chaumière) dans la vallée de Copiapo, et d'un troupeau d'ânes qui leur servaient à porter du bois à la ville ou aux usines, avec quoi ils pourvoyaient à leur premières nécessités. Les deux frères trouvèrent ce fameux bloc (*bolon*) de 70 à 80 quintaux de minerai excessivement riche, dont j'ai fait mention (page 451) en parlant du manto de los Bolados. L'extraction, le transport et le traitement de cette masse de minerai étaient tellement simples et faciles, que ces pauvres gens, quoique entièrement

dépourvus des connaissances nécessaires et de capitaux, parvinrent, dans moins de deux ans, à en extraire pour plus de 700.000 piastres d'argent. Enflés de leur prospérité, ils ne pensèrent qu'à en jouir, et pendant qu'ils dissipaient leur richesse à Copiapo, qui n'était à cette époque qu'un village pauvre et mal peuplé, leur mine se trouva tout d'un coup épuisée, et quelques mois après, on a vu ces mêmes Peralta Bolados plus pauvres qu'ils n'étaient avant leur découverte, ayant même perdu leurs ânes, dont ils n'avaient plus cru avoir besoin.

Tel fut le sort de ceux qui avaient découvert les mines les plus riches de Chañarcillo. Mais bientôt la propriété de ces mines et leur exploitation ayant passé dans les mains d'hommes éclairés et industrieux, la production de l'argent augmenta de telle sorte qu'en 1833, on retira des usines de Copiapo près de 100.000 marcs d'argent, dont les neuf dixièmes provenaient des mines de Chañarcillo. Depuis ce temps, ces mines allèrent un peu en déclinant jusqu'en 1838, où on tomba sur la grande richesse de la Colorada. Cela parvint à ranimer les efforts des entrepreneurs, et depuis cette époque, 700 mineurs environ travaillent incessamment à Chañarcillo et dans les mines les plus rapprochées de cette montagne.

Voici le produit de ces mines dans les 10 premières années, tiré des documents officiels. Produits.

On a exporté par les douanes de Copiapo, depuis 1832 jusqu'à 1842 :

Années.	Marcs d'argent.	
1832.	38.732	6 $\frac{1}{2}$
1833.	94.149	2
1834.	82.782	1 $\frac{1}{8}$
1835.	84.700	5 $\frac{1}{4}$
1836.	17.214	3 $\frac{1}{8}$
1837.	58.449	1 $\frac{1}{8}$
1838.	63.715	5 $\frac{1}{2}$
1839.	103.765	2 $\frac{3}{4}$
1840.	88.340	3 $\frac{5}{8}$
1841.	92.112	1 $\frac{1}{8}$
1842 jusqu'au mois de septembre.	55.222	1 $\frac{7}{8}$
Total.	779.084	1 $\frac{1}{8}$

A cela, il faudrait ajouter : 1° l'argent emporté à l'état de minerai à Vallenar, et qui a été ensuite exporté par la douane du Huasco ; 2° l'argent exporté par la voie de contrebande; 3° l'argent monnayé, l'argent travaillé par les orfévres du pays, et l'argent exporté en échantillons de collections. Une personne de Copiapo, qui fondait ces calculs sur des faits positifs dont elle avait connaissance, évalue à :

194.777 marcs, l'argent exporté au Huasco;
25.000 l'argent exporté par contrebande ;
50.000 l'argent converti en vaisselle, bijouterie, monnaie, etc. (Gaeta del comercio, 1843, n° 371).

Il en résulte que, dans les dix premières années d'exploitation, depuis la découverte des mines de Chañarcillo, les mines d'argent de Copiapo ont produit plus de 1.000.000 de marcs d'argent. Et comme pendant ce temps, les autres mines de Copiapo, comme celles de Ladrillos, de San Antonio, etc., donnaient tout au plus 5.000 à 6.000 marcs d'argent par an, on n'a qu'à retrancher de la somme

totale ci-dessus rapportée 50.000 à 60.000 marcs d'argent et le reste sera le produit des mines de Chañarcillo.

Voici maintenant le nombre de mines et le nombre d'ouvriers et de personnes attachées au travail des mines, extrait d'un rapport officiel du juge de Chañarcillo adressé, le 31 décembre 1839, à l'intendant de Coquimbo :

Personnel.

	Chañarcillo.	Pajonales.	Bandurrias et Algarrovito.
Nombre des mines productives (*en beneficio*).	12	3	»
Nombre de mines stériles (*en broceo*).	55	1	7
Totaux. . .	67	4	7
Nombre de mineurs :			
Mayordomos (maîtres mineurs, directeurs, commis). . . .	85	6	8
Barreteros (ouvriers piqueurs).	198	15	18
Apires (ceux qui servent à sortir les minerais).	210	18	19
Herreros (serruriers).	5	»	»
Aguaderos (ceux qui vendent de l'eau).	20	1	1
Nombre de gens employés dans ces mines.	518	40	46

On voit, d'après ce document, que sur 78 mines qu'on exploitait à l'époque la plus florissante pour Chañarcillo, il n'y en avait que 15 qui produisaient du minerai ; les autres n'occasionnaient que de grandes pertes aux propriétaires, et on les travaillait seulement dans l'espoir d'y trouver la même richesse qu'offraient les premières.

Ce nombre de mines productives, comme aussi

celui des ouvriers qui y travaillent, et la quantité de minerais extraits varient beaucoup d'une année à l'autre, et même d'un mois à l'autre. Voici des détails que j'ai extraits des livres officiels du juge des mines de Chañarcillo, sur l'état de ces mines, le nombre de mineurs et la quantité de minerais extraits en 1842. — Cette année a été une des plus fortunées pour les propriétaires.

(Voir le tableau ci-après, page 459.)

Année 1842.	Nombre de mines.	Mines productives.	Mayordomos.	Barreteros.	Apires.	Serenos.	Porteurs d'eau.	Nombre total de mineurs.	Quantité de minerais extraits.	
									quintaux.	livres.
Dans le mois de janvier.	76	14	106	241	291	6	31	675	1.078	23
— février. . .	76	12	106	237	323	6	36	728	1.815	6
— mars. . . .	81	11	110	266	318	6	41	730	1.504	52
— avril. . . .	88	13	113	284	329	5	42	785	1.364	45
— mai. . . .	84	12	118	270	304	7	38	787	2.011	96
— juin. . . .	81	13	121	271	324	5	37	750	2.032	61
— juillet. . .	84	15	126	277	306	10	40	759	1.898	85
— août. . . .	94	12	131	273	321	6	41	773	1.859	41
— septembre.	91	14	134	273	332	9	38	783	1.984	11
— octobre. .	84	18	124	274	327	7	37	789	4.007	21
— novembre.	81	14	120	256	315	9	38	735		
— décembre.	76	12	118	238	280	8	38	672	3.720	2
								Total. . .	24.477	53
Du nombre total de mineurs qui, à la fin de décembre, travaillaient dans les mines de Chañarcillo, ceux qui travaillaient dans les mines productives.			30	70	97	2	11	219	»	»
Ceux qui travaillaient dans les mines stériles.			70	158	183	6	27	453	»	»

De l'inspection de ce tableau il résulte que : 1° sur le nombre total des mines qu'on a exploitées en 1842, il y en avait à peine une sur six qui produisait du minerai; que par conséquent ceux qui s'engageraient à avancer leur argent pour des travaux de recherche dans cette montagne, en suivant toujours la méthode ordinaire pour le travail des mines, comme on l'a mise en pratique jusqu'à ce jour, n'auraient que *un contre cinq* de probabilité pour réussir; 2° le tiers à peine du monde qui se trouve occupé dans ces mines travaille dans les mines productives, et les deux tiers dans celles qui n'occasionnent que des pertes et des dépenses; 3° sur la totalité du nombre des gens occupés dans le travail des mines, le cinquième à peu près se compose de surveillants, directeurs et maîtres-mineurs, un peu moins de deux cinquièmes de *piqueurs* ou *barreteros*, qui sont les seuls véritables ouvriers mineurs dans nos mines d'Europe, et plus de deux cinquièmes de *chargeurs* ou *apires*, c'est-à-dire d'hommes d'une force musculaire prodigieuse, dont le travail est fait dans les mines de l'ancien continent par des enfants, des animaux ou des machines. En un mot, sur cinq hommes occupés dans le travail des mines, il n'y en a que deux qui exécutent le travail de nos mineurs, un qui les surveille ou les dirige, et deux autres dont le travail pourrait être en majeure partie remplacé par des machines.

Le nombre de mineurs qui travaillaient à Chañarcillo étant, terme moyen, de 736, et le nombre de quintaux de minerai qu'on avait extrait cette année, de 2.040 par mois, la quantité de minerai extraite par mois et par chaque individu employé dans ces mines, revenait à 277 livres environ,

ce qui correspond à onze marcs d'argent par mineur, en admettant pour la moyenne de la richesse de ces minerais quatre marcs au quintal.

Tout est tellement cher à Chañarcillo, que les frais d'exploitation y montent à 70 et 75 piastres par mois, par chaque *barretero* (c'est-à-dire par chaque piqueur ou *barretero*, et le chargeur qui lui correspond, y compris l'eau, la poudre, la surveillance de la mine, etc.). Il en résulte qu'ayant eu 260 barreteros dans les mines de Chañarcillo en 1842, les frais généraux d'exploitation ont dû monter cette année à 260 × 75 × 12 = 234.000 piastres par an. En y ajoutant : 1° le surplus de chargeurs (*apires*) dont le nombre excédait celui de barreteros de 56 et qui devaient coûter 12 × 56 × 22 = 14.784 piastres; 2° environ 20.000 piastres en frais extraordinaires, machines, etc. On obtient pour frais généraux d'exploitation 268.784 piastres. Frais d'exploitation et de transport.

Maintenant, le traitement de minerais et la vente de l'argent qu'on exporte occasionnent les dépenses suivantes :

1° Le transport des minerais aux ateliers d'amalgamation, dont la plupart se trouvent dans la ville, se paye à raison de 34 piastres 4 réaux par caisson (64 quintaux), ce qui donne pour 24.477 quintaux que les mines avaient produit cette année une somme de 13.179 piastres;

2° Supposant que le rendement du minerai en 1842 fût le même que celui de l'année antérieure, c'est-à-dire de 92.112 marcs d'argent, comme les frais du traitement dans les machines d'amalgamation, dans des tonnes fixes à fonds de fonte, pour les minerais qui contiennent 4 marcs au caisson, sont de 1 piatre 3 réaux par marc d'argent

obtenu : prenant en même temps en considération que dans les ateliers d'amalgamation ordinaires ces frais augmentent plutôt que de diminuer, je crois qu'on peut admettre pour le minimum de la dépense qu'occasionne le traitement de ladite quantité d'argent :

	piastres.
92.112 × 1 piastre 3 réaux =	115.140
3° Les 6 réaux par marc de droit d'exportation.	69.084
4° Frais de transport de l'argent en barre de Copiapo au port et du port à Valparaiso.	12.000
5° Dépenses extraordinaires, commissions.	10,000

En faisant la somme de toutes ces dépenses, et notamment des frais d'exploitation.	268.784
— de traitement.	115.140
Droit d'exportation.	69.084
Commissions, dépenses extraordinaires, transports.	35.179
On a pour total.	488,187

Il résulte de là que la moitié environ de l'argent qui entre dans le pays par l'exportation des produits de ces mines, sert à couvrir les frais qu'occasionnent l'exploitation de ces mines et la réalisation de leurs produits. On voit en même temps que de la somme dépensée de cette manière :

300.000 p. environ	servent à l'encouragement de l'agriculture et du commerce ;
100.000	au maintien des établissements métallurgiques ;
70.000	rentrent dans les revenus de l'État.

Continuation de voyage.

En partant de Chañarcillo, on se dirige au sud sans descendre dans la *travecia* et sans quitter ce terrain stratifié qui constitue la montagne de Chañarcillo.

En allant dans cette direction, on laisse les mines d'argent de Bandurrias à gauche, et on passe par celles de Algarrovito. Le gisement de ces dernières est identiquement le même que celui de Chañarcillo : ce sont toujours des calcaires argileux et sablonneux analogues à ceux que l'on voit à Chañarcillo; seulement ici, ils se divisent en strates minces, schistoïdes. Ces mines n'ont jamais produit de grandes richesses. On y exploite actuellement un filon qui produit beaucoup d'une terre rougeâtre, marneuse, contenant de l'argent natif et de l'argent chloruré, disséminés en particules excessivement petites. Cette terre se délaye facilement dans l'eau, et on la lave dans un endroit situé à 2 lieues plus au sud-est pour concentrer un peu sa richesse, qui en général n'excède pas 0,002. La cherté des vivres et de la main-d'œuvre, l'extrême pénurie d'eau pour le lavage, et surtout le voisinage des mines de Chañarcillo, qui offrent plus de chance de réussir, font qu'on n'a jamais exploité ces mines avec autant d'activité que les autres. Les minerais que l'on en extrait sont traités à Vallenar. Mines d'argent d'Algarrovito.

A cinq lieues de ces mines, en se dirigeant toujours au sud, on perd de vue le terrain stratifié, et tout d'un coup on se trouve au milieu des granits qui dépassent la *ligne du contact* des deux terrains, et s'avancent beaucoup vers les Cordil-

lères, en formant une espèce de baie au milieu des roches de sédiment.

A deux lieues plus au sud, on retrouve de nouveau le terrain secondaire stratifié; seulement ici, au lieu de roches calcaires schistoïdes, comme celle d'Algarrovito, on trouve des porphyres bigarrés. Le chemin monte par une vallée creusée dans ces porphyres, et conduit à la Cortadera, qui est un endroit isolé, à 9 lieues de Vallenar, et où on trouve de l'eau après une marche de 20 lieues au milieu d'un désert entièrement sec et aride.

Il est bon de savoir, pour ceux qui se trouveront dans le cas de faire ce voyage, que dans tout le trajet, depuis Ingenio, situé de l'autre côté de Chañarcillo, jusqu'à Cortadera (si l'on passe par le chemin de Chañarcillo sans s'arrêter dans les mines), on ne trouve que deux petites sources d'eau : une à l'endroit déjà cité, à 2 lieues au S.E. de Algarrovito, où on épuise le peu d'eau qui se montre pour laver les terres de ces mines, et l'autre à las Lomitas, à 4 lieues au nord de la Cortadera. Ces sources se tarissent tous les jours, et il arrive de traverser tout ce désert depuis Ingenio jusqu'à Cortadera (24 à 26 lieues) sans trouver une goutte d'eau.

Près de la Cortadera se trouvent quelques mines de cuivre que je n'ai pas eu le temps d'examiner.

Porphyres bigarrés et *travecia*.

Cet endroit se trouve tout au plus à 1 lieue 1/2 à l'est de la ligne du contact des deux terrains; le chemin descend dans la direction sud-ouest, et à 3 lieues de là, on arrive à la *travecia*, qui forme, comme j'ai déjà dit, une plaine tertiaire à la jonction des deux terrains. Les porphyres bigarrés descendent ici jusqu'à la plaine, de l'autre côté de la-

quelle on ne voit plus que des montagnes granitiques. Là où ces porphyres touchent la plaine, celle-ci se trouve à 779 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Vallée de Vallenar.

Depuis ce point, le chemin continue à descendre au sud, par la *travecia*, et à 6 lieues de là, lorsque la vue, fatiguée de l'aridité de la plaine, voit avec peine cette plaine se prolonger au sud, toujours entourée de montagnes encore plus arides qu'elle, on aperçoit tout d'un coup, sous ses pieds, à plus de 50 mètres de profondeur, une jolie vallée d'environ 500 à 600 mètres de largeur, remplie de beaux saules pyramidaux, d'orangers, de pêchers et de chirimoyos, à l'ombre desquels on voit au loin de longues rangées de jolies maisons blanches.

C'est la ville de Vallenar, chef-lieu du département du Haut-Huasco. Un beau ciel d'été rarement couvert, une brise continuelle courant de l'ouest vers les Cordillères, et un ruisseau d'eau claire et limpide qui arrose les jardins, les vignes et les prairies de luzerne du fond de la vallée, rendent le séjour de cette ville aussi sain qu'agréable. Les fruits de cet endroit ont la renommée d'être aussi bons que ceux de Potrero Grande, dans la vallée de Copiapo; les figues et les raisins sont surtout très-recherchés; on n'y connaît presque pas de changements dans les saisons.

Cette vallée se dirige de l'est à l'ouest; sa forme est ovale, et ses parois, creusées dans le terrain tertiaire de la traversée, ont des pentes tellement rapides, qu'en les regardant d'en bas, ils paraissent être verticaux. Sur ces parois, on remarque deux étages bien distincts, semblables à ceux qu'on voit dans les embouchures de toutes les vallées trans-

versales de la côte. La longueur de la partie ovale de la vallée est égale à la largeur de la plaine d'en haut, et on voit aux deux extrémités de son grand arc deux rétrécissements (angosturas). Ces rétrécissements sont dus aux rochers qui descendent des deux côtés, et se trouvent sur le prolongement des deux chaînes de montagnes qui se dirigent du nord au sud, laissant entre elles l'espace occupé par la travecia.

Le rétrécissement d'en bas, c'est-à-dire celui de l'ouest, se trouve à l'endroit d'une ancienne digue naturelle qui retenait les eaux pendant l'époque de la formation de tout ce terrain de la travecia; et il n'y a rien qui puisse décider si cette époque est contemporaine de celle du terrain tertiaire de l'un ou de l'autre étage; car les doubles étages de la vallée peuvent aussi bien correspondre aux destructions partielles de cette digue qu'aux diverses époques du soulèvement de la côte. Je crois même que ce dernier n'a pas pu produire des effets très-considérables à de grandes distances et à de grandes hauteurs dans le système des Andes. La surface du terrain de la *travecia* se trouve à plus de 600 mètres au-dessus de la surface des plaines tertiaires de la côte; celles-ci sont de formation marine et contiennent des couches fossilifères calcaires, tandis que celles de la *travecia* se composent de sables et graviers, mélangés d'énormes blocs roulés, déposés par les torrents des Cordillères, et on n'y trouve pas de débris organiques, de marnes ni de calcaires marneux.

Le département dont le chef-lieu est Vallenar, s'étend de las Lomitas au Cerro de la Ventura, dans la direction du méridien (environ 50 lieues de longueur) et de la ligne des faîtes jusqu'à Ta-

tara (qui est une ferme située à 5 lieues à l'ouest de Vallenar), dans la direction de l'est à l'ouest. La ville compte environ 3.000 habitants; c'est ici la résidence des principaux propriétaires des mines. On y voit deux ateliers d'amalgamation, deux *trapiches* ou moulins à moudre les minerais, une école de 100 enfants soutenus aux frais de la ville, etc. Il y a peu de commerce, peu d'agriculture : et le bien-être des habitants dépend presque exclusivement du sort des mines.

Dans le temps, ce département en composait, avec celui de la côte (dont le chef-lieu est Freyrina), un seul, nommé département du Huasco, dans lequel on comptait au commencement de ce siècle (vers l'an 1806) 9 mines d'or, 30 de cuivre et 3 d'argent en exploitation. Mais les mines d'or et de cuivre se trouvant rapprochées de la côte, la ville de Vallenar participait peu à leur richesse. Sa prospérité ne date que de 1811, époque à laquelle on découvrit les mines d'argent de Agua Amarga et de Tunas. Ces mines ayant d'abord produit des quantités considérables d'argent, la ville de Vallenar était alors aussi florissante que l'est actuellement celle de Copiapo. Mais cette époque fut de peu de durée, et se termina, vers l'année 1822, par l'épuisement et l'abandon presque complet des travaux.

Continuation du voyage le long de la ligne du contact.

Voici le chemin à prendre pour continuer le voyage dans le but d'examiner les terrains situés en voisinage de la ligne du *premier contact de deux terrains*.

On commence à remonter la vallée du Huasco, et, à trois lieues de la ville, on rencontre un terrain tout à fait analogue à celui que nous avons vu à trois lieues de Copiapo en face de Ladrillos et

de la Tierra Amarilla. On voit des masses dioritiques en bas et sur ces masses, des roches stratifiées, tantôt porphyroïdes, tantôt argileuses compactes, plongeant en stratification concordante à l'est. Il y a moins de régularité dans le redressement et dans l'allure des couches que dans la vallée de Copiapo : les porphyres prédominent et on les voit traversés par des veines et filons quartzifères compactes.

Mines d'argent du Carriso.

On franchit cette première ligne de la séparation des deux terrains, et à une lieue à l'est de cette ligne, on prend à droite. Après deux heures de chemin on arrive aux mines d'argent de Carriso, situées dans la partie inférieure du terrain stratifié : ce terrain y est beaucoup plus accidenté qu'à Chañarcillo. Les roches calcaires y manquent presque entièrement, et déjà au pied de la montagne on rencontre la même variété de diorite que nous avons vue au pied de la montagne qui renferme les mines d'argent de Ladrillos. Dans cette masse dioritique, on exploite actuellement un filon d'or, donnant du minerai très-riche en or natif.

Les mines d'argent du Carriso sont assez remarquables sous le rapport de la grande variété des minéraux qu'elles produisent. Le filon principal coupe la montagne dans la direction S. 20° E. Il a été reconnu et exploité sur une longueur d'environ 300 mètres. Il coupe des roches compactes, faisant effervescence avec les acides, dans la partie inférieure, et des couches de porphyres semblables à ceux de Agua Amarga, vers la partie haute de la montagne.

La mine la plus importante de ce filon est la Descubridora appartenant à M. Urrutia. Cette

mine avait produit à l'affleurement du filon, du chlorure et de l'argent métallique; mais à 10 mètres au-dessous de la surface du sol, le minerai changea de nature et commença à devenir sulfuré et arsénié. L'espèce qui constitue sa richesse principale est l'argent rouge arsénié (rubinblende), amorphe, d'un rouge clair, quelquefois cristallisé. Les minéraux qui l'accompagnent sont : 1° l'argent natif antimonié, en gros grains engagés plutôt dans la gangue que dans la substance métallique; 2° le sulfure d'argent (rare); 3° l'arsenic natif, tantôt compacte, lourd, testacé, et dans ce cas il ne contient presque pas d'argent, tantôt noir, scoriacé, léger, et alors on voit dans ses pores de tous petits dodécaèdres métastatiques d'argent rouge ou bien de l'argent filiforme pur; 4° l'arséniure de fer pur, d'un blanc d'étain obscur, à cassure grenue ou lamellaire, tenace, faisant feu sous le briquet, etc. Sa cassure ne change presque pas de couleur étant exposée à l'action de l'air. On l'a trouvé composé de :

Arsenic. . . .	0,662
Fer.	0,276
Soufre. . . .	0,011
Gangue. . . .	0,051
	1,000

6° l'arsénio-sulfure de fer, qui souvent est cobaltifère et très-riche en argent; 7° l'antimoine natif parfaitement pur, tantôt en gros grains et boutons d'un beau blanc d'argent disséminés au milieu du cuivre gris, tantôt en lames courbes ressemblant à la galène; 8° le cuivre gris argentifère; 9° la blende, la galène, le cuivre panaché et la pyrite de fer. La gangue est du carbonate de chaux et de l'argile.

Parmi ces espèces minérales, les plus abondantes sont l'arsenic natif, l'arséniure et le sulfo-arséniure de fer, et en général les minerais les plus riches sont ceux qui se composent de mélanges de diverses espèces et de gangue et non pas d'espèces pures. Ainsi un échantillon d'arséniure de fer presque pur donna à l'essai 0,0018 d'argent; un autre échantillon de sulfo-arséniure mélangé d'un peu de blende et de gangue donna 0,0034; et un troisième mélangé de beaucoup de carbonate de chaux et de blende donna 0,0728. Dans ce dernier cas on distinguait déjà à simple vue de l'argent natif et de l'argent rouge : je crois même avoir reconnu que, dans aucun minerai arsénié, l'argent ne se trouve à l'état d'arséniure simple, mais toujours à l'état de sulfo-arséniure, à l'état natif ou à l'état de sulfure multiple.

On a dernièrement trouvé dans la même mine, mais dans sa partie inférieure, les minerais suivants :

1° Minerai d'antimoine natif disséminé en lames très-minces au milieu d'une gangue de carbonate de chaux, et mélangé d'une très-faible proportion de blende et de galène :
il tenait en argent. 0,00876

2° Minerai de galène disséminé en lames minces dans une gangue de chaux carbonatée et mélangé de pyrite et d'arséniure de fer : il tenait (argent). . . . 0,0351

3° Minerai de cuivre gris mélangé de pyrite cuivreuse, de blende et d'une gangue carbonatée semblable aux précédentes. Il tenait, terme moyen, 0,194 de cuivre, et, en argent. 0,0067

4° Un sulfure multiple d'un gris de fer, structure grenue, cassure inégale, et qui paraît être un mélange intime de sulfo-arséniure d'argent, de blende et de galène antimoniale, donna en argent 0,0576

La même substance, mélangée de beaucoup de blende jaune et de gangue, donna. . . . . 0,0072.

A côté du filon où se trouve cette mine de Urrutia et à peu près à 200 mètres de distance, on voit un autre filon, pareil au premier, traversant une roche très-fendillée et accidentée. Il est à tout moment intercepté par des filons croiseurs qui le coupent tantôt horizontalement, tantôt sous différents angles d'inclinaison. Les fentes de cette roche se trouvent parfois tapissées de sulfate de chaux et la gangue contient beaucoup de sulfate de baryte et de chaux spathique. Ce filon avait produit dans le temps beaucoup de chlorure d'argent (probablement du chloro-bromure), mais plus bas on ne trouve que de l'argent filiforme, de l'argent rouge, de l'arsenic natif, etc.

Outre ces deux filons, il y en a d'autres qui, dans le temps, avaient été exploités, mais qui n'ont jamais été trouvés productifs. On n'exploite actuellement dans cette montagne qu'une seule mine, celle de Urrutia, laquelle acquiert tous les jours plus d'importance par la découverte récente des minerais ci-dessus mentionnés.

Ces minerais ont été jusqu'à présent traités à Vallenar, par la méthode d'amalgamation ordinaire, en soumettant les minerais à un grillage préalable. Je n'ai pas eu l'occasion de voir le procédé ni d'examiner les résidus du traitement.

Agua Amarga.

Situation.

A trois lieues au sud du Carriso se trouvent la montagne et les mines d'argent de Agua Amarga (*Pl. IV* et *VII*). Ce point, un des plus intéressants du pays pour le géologue et le mineur; se trouve sur la ligne même du contact des granites avec le terrain stratifié. Je ne connais pas d'endroit où l'on puisse voir avec plus d'évidence l'influence de la nature du terrain sur celle des filons qui le traversent que dans cette localité : c'est pourquoi nous allons nous y arrêter un instant.

Hauteur et étendue de la montagne.

La montagne de Agua Amarga ressemble beaucoup par son aspect extérieur à celle de Chañarcillo : seulement elle est plus étendue et moins accidentée que cette dernière. Elle s'élève à 1.450 mètres au-dessus du niveau de la mer; les affleurements de ses filons montent jusqu'à la hauteur de 1.418 mètres au-dessus de la mer, et il y a 310 mètres de distance verticale du sommet de cette montagne au fond d'une vallée granitique qui la limite du côté de l'ouest. Elle a environ sept kilomètres de longueur du N.-E. au S.-O.; ses pentes rapides se trouvent du côté de l'ouest et du sud, et les pentes douces du côté de l'est et du nord.

Situation géologique.

En se plaçant au milieu de la vallée granitique du fond de laquelle cette montagne s'élève, et tournant successivement la vue du côté de l'est et de l'ouest, on voit immédiatement la différence qui se présente dans la nature des terrains qui se trouvent des deux côtés opposés. Ceux du côté des Andes sont stratifiés, leurs montagnes escarpées, rubanées de diverses couleurs; ceux du côté de la mer forment des montagnes arrondies et aplaties sans aucun indice de stratifica-

tion. Du côté des Andes, on voit de loin des rangées de déblais d'anciennes mines abandonnées, correspondant aux divisions des couches qui sont presque horizontales : leurs couleurs sont sombres, cendrées ou rougeâtres, comme celles des déblais de mines d'argent; de l'autre côté on aperçoit, sur les masses difformes à contours mal prononcés qui forment le relief du terrain, des déblais verts et bleuâtres, irrégulièrement répartis ou descendant de haut en bas, comme, en général, se présentent les déblais des mines de cuivre et d'or. La vallée qui sépare ces deux chaînes de terrains est large, rasée, parsemée de collines très-arrondies et aplaties : c'est une vallée d'érosion provenant de la facilité avec laquelle se désagrégent les masses soulevantes au contact des roches soulevées.

Toute la montagne de Agua Amarga se compose de couches bien régulières, parallèles les unes aux autres, et qui se dessinent sur les escarpements occidentaux de la montagne de la même manière que si elles étaient parfaitement horizontales. Elles s'inclinent cependant, quoique légèrement, à l'ouest, et plongent sous les Cordillères. Cette position singulière des couches de ce terrain, et la manière dont elles se présentent, se répètent sur toute la ligne de la première rangée d'escarpement du côté des limites de la côte.

On remarque en même temps que cette montagne se trouve isolée, détachée des autres, indiquant quelque chose d'extraordinaire et de local dans la configuration extérieure des terrains environnants; et à cette occasion je dois rappeler ce que j'ai ouï dire souvent aux chercheurs de mines, que les montagnes isolées qui paraissent présenter quelque chose d'exceptionnel dans

leurs formes, leurs couleurs et dans leur élévation au-dessus des autres, sont celles qui de préférence méritent l'attention des mineurs.

Passons maintenant à la description des roches qui entrent dans la composition de cette montagne.

Roches. J'ai déjà dit que le fond de la vallée sur laquelle s'élève la montagne est en granite. La roche qui constitue cette vallée et qui s'étend jusqu'au pied même de la montagne est une dirite composée de feldspath blanc et d'amphibole vert. C'est la même roche qui constitue la majeure partie des montagnes, située à l'ouest de Agua-Amarga et qui s'étend jusqu'à la mer.

1er Étage. (A) Les premières assises qui s'appuient sur ces granites sont composées de roches compactes, ressemblant aux roches euritiques, ou feldspathiques compactes, mais qui se trouvent imprégnées de carbonate de chaux. Un échantillon pris dans la mine de Aris (mine située au pied de la montagne) donna 10 p. o/o de carbonate de chaux non magnésien et environ 85 p. o/o d'une argile, entièrement inattaquable par les acides forts. C'est une roche grise, jaunâtre, à fissures planes, dendritiques, et à cassure circoïde inégale. Elle descend à plus de 40 mètres de profondeur dans une mine située au pied de la montagne (mine de Aris), et par conséquent beaucoup au-dessous de la surface des granites de la vallée. Ce qui fait voir que le granite, au lieu de plonger immédiatement au-dessous des premières roches stratifiées qui se montrent au pied de la montagne, sort au jour presque verticalement, c'est-à-dire que son plan de contact avec le terrain stratifié doit être presque vertical. Cela se voit très-souvent à la jonction des roches soulevantes et des roches soulevées dans

le système des Andes; et nous aurons à faire la même observation maintes fois, en signalant des coupes de terrains où le contact des granites et des roches stratifiés, se voit à découvert sur de grands escarpements (par exemple à la montagne de San Graviel dans la vallée de Maypo, page 32, et *Pl. I, fig.* 6). Cette considération, je crois, ne sera pas sans quelque intérêt pour les propriétaires des mines situées près dudit contact des granites; car si la roche granitique plongeait sous les roches soulevées, comme le représentent souvent les coupes théoriques des terrains, il y aurait des motifs à se méfier de l'importance des mines d'argent situées vers la limite des terrains secondaires, attendu, que les filons d'argent en entrant dans ces derniers, changeraient indubitablement de nature.

(B) Au-dessus de ces roches compactes, peu calcaires et à peu près à mi-côte de la montagne, apparaît une couche porphyrique, dont la masse est d'un gris noirâtre, parsemée de tout petits cristaux feldspathiques blancs et d'autres, probablement d'amphibole noire. Cette roche change entièrement la nature des filons et on en voit un sur le chemin qui conduit à la mine de Huerta, qui en traversant cette couche ne renferme que des minerais de fer oligiste, micacé, dont on ne trouve pas la moindre trace dans les filons argentifères de la même montagne. 2° Etage.

(C) Au-dessus de cette couche porphyrique vient une suite de couches calcaires compactes, plus ou moins argileuses, non magnésiennes, de diverses nuances; tantôt d'un gris jaunâtre ou blanchâtre, tantôt d'un gris obscur bleuâtre. L'ensemble de ces couches calcaires a plus de cent mètres de puissance, et elles ne diffèrent les unes 3° Etage.

des autres que par la proportion du carbonate de chaux et de l'argile attaquable (ou de la silice soluble dans la potasse) qu'elles renferment. Les plus calcaires se trouvent à l'extrémité sud de la montagne. Ainsi un échantillon de roche, d'un gris obscur, un peu bleuâtre pris dans la roche qui encaisse un filon, donna à l'analyse.

0,65	de carbonate de chaux;
0,06	d'argile attaquable par les acides;
0,29	d'argile inattaquable.
1,00	

Cette roche est d'une structure semi-cristalline, cassure conchoïde large. Un autre échantillon pris à l'extrémité nord, à l'endroit où se trouvent la Colorada et la Caldera, ne contenait que :

0,16	de carbonate de chaux;
0,08	d'argile attaquable;
0,76	d'argile inattaquable.
1,00	

Cette roche est parfaitement compacte, à cassure plane, d'un gris blanchâtre, et les plans de fissure sont couverts de dessins dendritiques noirs. A cet étage, sur la pente orientale de la montagne, on voit quelques assises marneuses blanches, terreuses, et au milieu de ces roches on trouve quelques lits de marnes empâtant des fragments de silex pyromaque. Je n'ai pas trouvé dans ces couches, du moins dans la partie de la montagne traversée par les filons métallifères, la moindre trace de débris organiques; mais on rencontre sur leur prolongement, à l'extrémité sud-est de la montagne, sur le chemin de Tunas, une couche du même calcaire que le premier des deux échantillons dont je viens de donner l'analyse,

contenant de petites gryphées semblables aux gryphées virgules de l'argile de Kimmeridge. J'ai appris dernièrement qu'à peu près à 3 lieues plus à l'est près de la mine d'argent de Las Cañas on trouve des roches très-abondantes en fossiles, dont quelques-unes que j'ai vues dans une collection des particuliers, étaient identiquement les mêmes que celles de la Cuesta de Manflas.

(D) Enfin, vers le sommet de la montagne, au-dessus des couches calcaires précédentes, se trouvent des couches de 2 à 3 mètres d'épaisseur d'un porphyre composé d'une masse compacte noirâtre, au milieu de laquelle en voit de larges cristaux hémitropes d'un blanc sale, qui me paraissent être du feldspath labrador. Le porphyre ne recouvre pas toute la montagne, mais seulement la partie méridionale de son sommet le plus élevé : de sorte que, tandis que les couches calcaires (C) se cachent sous les porphyres à l'extrémité sud, elle sortent au jour et couvrent la crête de la montagne à son extrémité septentrionale. 4e Etage.

Telle est la composition en grand de la monde Agua Amarga. Ajoutons qu'on n'y trouve pas de conglomérats, ni de grès, ni d'argiles, ni de marnes crayeuses. Les roches ne présentent pas de signes d'une grande dislocation, et au simple aspect de la montagne, on dirait qu'elle a été soulevée en masse à la fois, en recevant l'impulsion principale de la force du côté de l'ouest.

Cette montagne se trouve coupée par un nombre de filons métallifères beaucoup plus considérable que celui des filons de Chañarcillo ; mais on n'y voit pas de filons d'une aussi longue étendue que les filons de la Colorada et de la Descubridora, de cette dernière montagne. La plupart Filons.

des filons de Agua Amarga courent du nord au sud, et il y en a beaucoup dont la direction est nord-est. Il est à remarquer que la montagne se trouve aussi allongée en deux sens, savoir: du nord au sud et de sud-ouest au nord-est. On voit sur le plan de cette montagne (*Pl. VII*) la disposition des principaux filons, et il faut que je dise que j'ai omis plus de la moitié de ceux qui avaient été à peine entamés par les mineurs. Presque tous ces filons descendent verticalement, et leur largeur varie de quelques centimètres à 1 mètre de puissance. Leurs gangues et leurs minerais sont tout à fait les mêmes que ceux de la partie supérieure des filons de Chañarcillo : on voit même que leurs directions correspondent à celles des principaux filons de cette montagne.

Les filons de Agua Amarga se trouvent très-fréquemment coupés et interceptés par des *croiseurs* qui sont ordinairement verticaux (*cruceros parados*) comme les filons principaux.

Plus de 200 de ces filons avaient été exploités, et plus de 200 mines se trouvent abandonnées; un grand nombre de maisons de mineurs qui tombent en ruine; l'immensité de déblais et de décombres qui gisent de tous côtés de la montagne, et quelques huttes qui restent encore et où demeurent une vingtaine de mineurs, dont la plupart s'occupent à trier ces décombres et en séparer quelques restes de bon minerai ; tout, en un mot, présente un aspect bien triste, l'aspect d'une ville après l'incendie. Les mines qui avaient beaucoup de renommée dans le temps sont la Caldera, la Colorada, la Molinera, la mine de Huerta ou de Filiberto et la mine de Aris.

Mines. La *Caldera* était une des mines les plus riches de

Agua Amarga. Son filon affleure près du sommet de la montagne, sur sa pente occidentale, dans la partie de ces roches calcaires (C), qui ne sont pas recouvertes par le porphyre. Toute sa richesse, qu'on m'a assuré avoir consisté en *plomo verde* (ce qui signifie argent corné vert ou argent chloro-bromuré), se trouvait près de la surface de la montagne. Cette mine avait été approfondie jusqu'à plus de 80 mètres au-dessous des affleurements, et à cette profondeur, on a trouvé une *mesa-piedra* ou couche qui rendit ce filon tout à fait stérile, et que je crois être la couche porphyrique (B). A cause de ce contre-temps, on fut obligé de suspendre pendant plusieurs années les travaux, et j'ai ouï dire qu'après les avoir repris il y a un an, on parvint à traverser cette *mesa-piedra*, et on retrouva du minerai.

La *Colorada* se trouve à la jonction d'un filon qui court du nord au sud, avec un autre filon qui se dirige de l'est à l'ouest. De grandes excavations qu'on voit près près de la surface indiquent l'endroit où se trouvait la principale richesse de la mine. Un minerai ocreux rouge, que j'ai vu extraire du triage des anciens déblais, était identiquement le même que celui de la plupart des minerais chloro-bromurés de Chañarcillo; un autre minerai noir, composé d'un mélange de chlorure et d'argent métallique semblable au minerai nommé *barra-negra*, à Chañarcillo, venait d'un filon croiseur qui aboutissait au filon principal; et je dois à l'obligeance des mineurs un échantillon provenant de cette mine, qui contenait du chloro-bromure d'argent vert, cristallisé en cubes, portant des troncatures sur les angles, et ayant plus d'un millimètre de côté.

La *Molinera* est un des filons qui affleurent près du sommet de la montagne, dans sa partie couverte par la couche porphyrique (D). Les filons sont en petit nombre, et le seul qu'on continue encore à exploiter est celui de la mine nommée *Mina de la Huerta*, située à l'extrémité sud de la montagne. On voit dans cette dernière mine deux filons qui courent du N. au S., et un troisième qui les croise en se dirigeant du N.N.O au S.S.E. Les filons qui coupent toute l'épaisseur du terrain, en commençant par la couche supérieure (D), avaient aussi donné, près de la surface, des gangues et minerais de même nature que les autres. Les déblais de cette mine, composés en grande partie de pierres très-chargées de carbonate de chaux me donnèrent à l'essai (après avoir été soumis à un léger triage) 23 marcs d'argent au caisson (environ 0,002). Le minerai de ces déblais est du genre de los *pacos* et *colorados* de ce pays, et ne contient que de l'argent chloro-bromuré. C'est ici que se trouvent les affleurements les plus élevés des filons de cette montagne. La couche de porphyre a ici plus de 40 mètres d'épaisseur, et c'est à peu près à 35 *estados* (58 mètres) de profondeur qu'on arrive aux couches calcaires de l'étage (C).

La *Mina de Aris* se trouve au pied de la montagne. On y voit trois filons très-rapprochés les uns des autres, et dont les directions sont N. 25° O., N. 10° E. et N. 23° E.; on y rencontre en outre plusieurs autres filons croiseurs. Cette mine produisait encore, en 1842, beaucoup de minerai chloruré; elle a environ 40 mètres de profondeur, et comme je viens de dire, à cette profondeur, on ne rencontre pas encore le granite.

Ce qui m'a paru remarquable, c'est que dans le prolongement des affleurements de cette mine, à peu près à 120 mètres du pied de la montagne du côté de l'ouest, et déjà, dans la masse granitique, on voit un large filon courant dans la direction N.25°O., où on ne trouve plus la gangue ni les minéraux des filons argentifères, mais une gangue quartzeuse contenant du carbonate et du silicate de cuivre, mélangé de fer spéculaire, présentant tous les caractères des minerais qui sortent des filons cuivreux de la côte.

En observant, dans les principales mines de cette montagne, la hauteur où sont situées les galeries dont les grandes excavations indiquent les endroits où se trouvaient de grands amas de minerai, et comparant ensuite mes observations avec les notes que me donnaient les vieux mineurs et propriétaires des mines à Vallenar, je me suis assuré qu'ici, comme à Chañarcillo, les parties riches des filons s'étendent horizontalement, ou, plus exactement, parallèlement aux divisions des couches, et correspondent à certains étages ou certaines couches de terrains. D'après cela, il doit y avoir trois étages productifs ou enrichissant les filons et un étage stérile. Les trois premiers sont: 1° l'étage supérieur ou celui des couches porphyriques du sommet, dans lesquelles affleurent les filons de *la Molinera* et de *la Huerta*; 2° l'étage moyen, qui correspond à la hauteur à laquelle affleurent les filons de la Caldera, de la Colorada, et on peut le dire la plupart des filons de Agua Amarga sur les deux pentes opposées de cette montagne. Cet étage comprend probablement tout le système de couches calcaires (C), situées entre deux groupes de couches porphyriques.

Enfin l'étage inférieur dont on ne connaît pas jusqu'à présent la limite d'en bas, est celui où se trouvent les travaux de la mine de Aris. Quant à la région stérile de cette montagne, je crois qu'elle correspond à ces couches porphyriques (B) qu'on rencontre à la mi-pente occidentale de la montagne, et que nous avons signalées en parlant des roches.

Maintenant, lorsqu'on songe que la plupart des mines de cette immense montagne n'ont que 10 à 15 mètres de profondeur; que les plus riches d'entre elles n'ont été reconnues que tout au plus à 80 mètres de distance verticale au-dessous des affleurements; qu'enfin, la hauteur à laquelle se montrent les affleurements de la partie productive de la mine de Huerta étant de 1.418 mètres au-dessus du niveau de la mer, et celle de la partie productive de la mine de Aris, de 1.105 mètres au-dessus du même niveau, on a constaté la présence du minerai riche de cette montagne dans une épaisseur de 313 mètres de terrain, on voit qu'on a des motifs à croire qu'une compagnie qui consacrerait les fonds nécessaires pour reprendre l'exploitation de ces mines en grand, et qui ferait exécuter des travaux de recherche avec méthode, économie et connaissance du terrain, aurait beaucoup de chances pour réussir.

En quittant maintenant les mines de Agua Amarga et se dirigeant au sud-est, on tombe d'abord sur la mine d'argent de las Cañas, située dans le même terrain que celui que nous venons d'examiner, et puis sur une autre *Rincon de las Tunas*, dont les roches encaissantes ressemblent beaucoup aux couches inférieures du terrain de Chañarcillo. Ici ces couches plongent encore à l'est

comme celles de Agua Amarga, et le filon sort au jour parallèlement aux plans de stratification (*Pl. V*, *fig.* 5), formant une espèce de filon-couche, qui, à la profondeur de 20 à 30 mètres, coupe la couche du *mur*, descend verticalement, et glisse entre deux autres, sautant (*dando brincos*, comme disent les mineurs) d'une couche à l'autre. Ce filon a été trouvé productif aux affleurements (*a*) et dans les couches inférieures (*b*), tandis qu'il n'accusait la moindre trace de minerai en traversant la couche intermédiaire (*c*).

Mines d'argent de Tunas. A 1 kilomètre et demi de distance au sud de cette dernière mine on trouve les mines d'argent de Tunas, qui dans le temps produisaient presque autant d'argent que celles de Agua Amarga. Ces mines n'occupent qu'un petit espace d'environ 700 à 800 mètres en longueur et 800 en largeur. C'est encore le même terrain, la même nature de filons, de gangues et de minerais, que dans les mines de Agua Amarga, avec cette unique différence que les mines de Tunas, se trouvant plus à l'est, un peu plus rapprochées des Andes, et dans une montagne beaucoup plus basse que Agua Amarga, il en résulte que ces filons et leurs minerais, de même que ceux de las Cañas et du Rincon de Tunas, ressemblent déjà aux filons et minerais de la partie inférieure de Chañarcillo et de Ladrillos. En effet, les minerais qu'on extrait actuellement de Tunas ne contiennent pas d'argent corné et leur principale richesse consiste en argent natif et en argent rouge associé à de l'arsenic natif et à des arsénio sulfures. On les voit toujours mélangés d'arséniate de cobalt et d'arséniate de chaux cobaltifère, qui du reste accompa-

gnent généralement de la plupart des minéraux d'argent du Chili.

Il y a à Tunas grand nombre de filons, et presque tous courent du N. au S. Ils sont presque verticaux et on les voit accompagnés par de nombreux *filons croiseurs*. Dans tous ces filons la richesse disparut dans la profondeur, de sorte qu'en 1840 on n'y travaillait que quatre mines : savoir, la *Guia*, la *Castañona*, la *Gibejela*, et *el Pleyto*; toutes les autres étaient abandonnées. J'ai ouï dire que la Castañona seule avait produit plus de 2 millions de francs de minerai qu'on avait trouvé près de la surface.

J'ajouterai qu'à l'est des mines du Carriso, de Agua Amarga et de Tunas, on trouve de nombreux filons de cuivre gris et de galène, dont un des plus importants avait été pendant quelque temps exploité au Cerro Blanco.

Terrain granitique.

Mine de cuivre de los Camarones.

Lorsque, partant du pied de la montagne de Agua Amarga, on se dirige à l'ouest j'ai déjà dit que la première chaîne de montagnes qu'on rencontre de l'autre côté de la vallée, se compose de masses granitiques renfermant des mines d'or et de cuivre. Dans une de ces dernières, en face des mines d'argent de Agua Amarga, et à peu près à trois kilomètres de distance de ces dernières, se trouve la mine de cuivre de *los Camarones*. Le filon court de S.-E. au N.-O.; il est presque vertical et s'incline légèrement à l'est. Il affleure sur une longueur de plus de 800 mètres, et, au milieu des substances qui le composent, on voit deux veines métallifères, séparées le plus souvent par une espèce de cloison en roche dioritique, semblable à la roche encaissante. Les endroits où ces veines se joignent sont ceux où on

trouve les masses les plus considérables de minerai : on a aussi remarqué qu'en général une des deux devenant très-riche, l'autre s'appauvrit en même temps, et vice versa. Par cette raison, la méthode que l'on a suivie pour l'exploitation de cette mine consiste à conduire les galeries par une des deux veines, et à percer de temps en temps des galeries latérales (des *estocadas*) pour reconnaître l'autre. On a même été obligé, dans quelques parties du filon, de suivre chaque veine séparément et de mener deux galeries parallèlement l'une à l'autre.

La roche encaissante est de deux côtés également dure et solide : c'est nne roche dioritique, composée de feldspath blanc et d'amphibole noire ou vert foncé identique à celle qui renferme les mines les plus riches en cuivre du Chili, comme celles du Carrisal, de San-Juan, de la Higuera, etc. Les salbandes sont formées d'une argile grise, douce au toucher, nommée par les mineurs *javoncillo*. Il y a grande variété dans les minerais; ceux de la partie voisine des affleurements se composent de carbonate, de silicate et d'oxydule de cuivre, et ceux d'en bas de cuivres pyriteux et panachés. Les minerais oxydés ont leurs gangues chargées d'argiles ferrifères, de fer micacé et de chaux spathique; les minerais sulfurés sont ordinairement plus quartzifères. Ils renferment en même temps beaucoup de trémolite ou d'amphibole asbestiforme.

C'est une des mines de cuivre les plus anciennement exploitées au Chili. Son premier propriétaire, un Polonais nommé Borkowski, officier au service du Roi d'Espagne, entreprit l'exploi taon et le traitement de ses minerais à la fin du der-

nier siècle, à une époque où le cuivre se vendait 6 ou 7 piastres le quintal, et encore fallait-il le transporter à Lima ou à Buénos-Ayres pour le vendre. On assure que malgré des circonstances si désavantageuses pour l'entreprise, il réussit à en obtenir de grands bénéfices, et laissa une fortune assez considérable, résultat du produit de cette mine. Celle-ci fut ensuite vendue à une compagnie anglaise qui continue à l'exploiter avec activité et profit. Quinze à seize *barretas* (32 mineurs) travaillant dans cette mine, en retirent environ 40 caissons (2.500 quintaux) de minerai par mois depuis bien des années. Les minerais tiennent ordinairement 18 à 20 p. o/o de cuivre, et il y en a dont la loi monte à 50 p. o/o. Une usine, composée de 2 fours à réverbère pour la fonte et d'un grand four à réverbère pour le grillage, est bâtie à quelques mètres de distance de l'entrée de la mine. Le bois vient aussi des environs, et ce bois, consistant en majeure partie en une espèce de grand *cactus* arborescent (*tormata*) et de branchages d'arbustes d'une végétation rabougrie, brûle avec une rapidité étonnante, en produisant un feu assez actif pour la fonte. On consomme 130 à 160 petites charges d'ânes de ce bois par 64 quintaux de minerai, pour la fonte crue, et on exporte en Angleterre les mattes qu'on en retire. On exporte aussi à l'état cru tous les minerais dont la loi s'élève au-dessus de 24 p. o/o et on jette dans les déblais ceux qui tiennent moins de 7 à 8 p. o/o de cuivre.

De l'autre côté de cette montagne dioritique où se trouve la mine de Los Camarones, passe le chemin de Vallenar à Coquimbo. En prenant ce chemin, on passe d'abord près d'une mine de

mercure et de cuivre, nommée *mina del Molle*, puis par les *lavaderos*, ou sables aurifères, de la Higuera, et près de nombreuses mines d'or anciennement exploitées, puis on arrive au Cerro de la Ventura, situé à la limite du département de Coquimbo. De ce point le chemin descend par la vallée de los Choros et va directement à Coquimbo en passant par les mines de cuivre de la Higuera. Comme tout ce chemin ne traverse que le terrain granitique, et ne touche le bord du terrain stratifié qu'en un seul point, près de *Agua de Palacios*, on n'y remarque que diverses variétés de roches granitiques, beaucoup d'anciennes mines d'or et de cuivre et point de mines d'argent.

M'étant trouvé dans la nécessité d'abréger mon voyage, j'ai choisi ce chemin, en revenant, en 1843, des mines de Copiapo, sans m'arrêter ni dévier de ce chemin. Mais le parti que devrait prendre un géologue pour l'étude des deux terrains ou pour la recherche des mines, serait de suivre cette chaîne de terrains argentifères que nous avons laissés à Tunas et se diriger au sud. Il examinerait d'abord le gisement des mines de cuivre argentifère de San-Antonio, puis de là il tâcherait d'aller visiter la montagne et les anciennes mines abandonnées de Chingoles; de là il pourrait encore faire une excursion à Machetillo, et il reviendrait par les mines d'amalgames natifs d'Arqueros. Toutes ces mines de San-Antonio, Chingoles, Machetillo et beaucoup d'autres, se trouvant déjà hors de la première ligne du contact des deux terrains, et assez éloignées de la mer, ne produisent que des minerais de cuivre et de plomb argentifères, et point de chlorure ni de chloro-bromure d'argent.

(Il y aurait maintenant à donner la description du terrain et des mines de la côte, en passant par le chemin de Freyrina et par les montagnes de la Higuera, de San Juan et Carrisal. Je n'ai pas eu le temps de compléter ce travail, que j'enverrai plus tard.)

(*La suite au prochain numéro.*)

MÉMOIRE

Sur la constitution géologique du Chili

(Suite et fin);

Par M. IGNACE DOMEYKO, Professeur de minéralogie et de géologie au collége de Coquimbo (Chili).

§ III. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE DU SYSTÈME DES ANDES ET DES TERRAINS QU'IL TRAVERSE SOUS LA LATITUDE DE COQUIMBO.

La ville de Coquimbo ou de la Serena est le chef-lieu de la province de Coquimbo et le centre du commerce du cuivre et des minerais de cuivre que produit le Chili. Cette ville, qui compte actuellement plus de 6.000 habitants, se trouve à un quart de lieue de la baie de Coquimbo, à 3 lieues du port de ce nom et au centre d'un bassin tertiaire très-moderne qui remplit une ancienne baie de cet endroit. Ce bassin a plus de 3 lieues dans la direction du méridien, et environ 1 lieue dans sa plus grande largeur (1).

Terrain granitique de la côte.

Le terrain qui sert de fond et de bords à ce bassin se compose de masses non stratifiées de la même nature que celles qui constituent toute la côte de l'océan Pacifique. Géologiquement parlant c'est un terrain de cristallisation, un groupe de roches de formation ignée, un terrain, en un mot, de ceux qu'on a l'habitude de nommer *primitifs*. Si maintenant on examine la nature minéralogique de

(1) Je me propose de donner la description détaillée de ce terrain tertiaire de la côte dans un mémoire à part.

ces roches, on la voit, presque à chaque montagne, changer d'aspect et de caractères extérieurs, mais conservant toujours un certain facies propre aux roches de soulèvement et composée des mêmes éléments.

Ainsi, en partant de l'extrémité nord-ouest de la baie de l'endroit nommé Punta de los Teatinos, et parcourant tout le contour du bassin tertiaire jusqu'à son extrémité méridionale, on voit les roches suivantes sortir au jour et former des montagnes plus ou moins semblables les unes aux autres.

Syénite. Le rivage de l'Océan à la Punta de los Teatinos est composé de syénite qui renferme en même temps du mica. On y distingue deux espèces de feldspath, dont l'une rougeâtre, présentant les clivages nets de l'orthose, et l'autre, blanchâtre, d'un clivage moins facile, et plus facile à se désagréger, me paraît être de l'albite.

A peine passons-nous à une montagne qui se trouve du côté du nord, que le mica et l'amphibole disparaissent, et que la roche devient une espèce de pegmatite composée de quartz et d'orthose. Cette roche se trouve coupée par des veines de quartz compacte et par d'autres de feldspath rose, compacte, contenant de la tourmaline noire, associé quelquefois à l'épidote.

Diorite. En tournant au nord-est, le quartz disparaît, et on trouve des masses dioritiques composées de feldspath blanc et d'amphibole verte ou noire. Les masses, dans quelques endroits, se trouvent tellement chargées d'amphibole, que la roche devient noire et forme une espèce de grünstein. Il arrive qu'au milieu d'une masse dioritique où le feldspath prédomine, on voit des taches, des veines,

des boules et des amas considérables de ces roches noires cristallines, qui passent à leur tour aux roches compactes, euritiques, provenant peut-être d'un mélange intime ou d'une fusion des deux éléments.

Diorites et porphyres.

Ces masses dioritiques de diverses nuances entourent le bassin tertiaire du côté du nord-est, et aboutissent à la montagne de Brillador, où se trouvent les mines de cuivre exploitées depuis les temps très-anciens. Cette montagne, du côté de la mer, est euritique ou composée d'une roche feldspathique à structure cristalline, contenant une très-faible proportion d'amphibole. La même montagne du côté du sud est porphyrique, et la roche est un porphyre à pâte grise, verdâtre, renfermant des cristaux d'albite. Cette dernière roche et des eurites de diverses nuances s'étendent jusqu'à la Quebrada de Santa Gracia, et renferment beaucoup de filons de fer, de cuivre et d'or.

Diorite.

Des diorites à gros grains, à base d'amphibole verte, fibreuse, s'étendent de l'autre côté de cette Quebrada, et passent ensuite aux granites proprement dits du côté de Cutun. Dans ces diorites, on voit sur le chemin d'Arqueros un large filon d'hématite brune parfaitement pure.

Granite.

En passant maintenant de l'autre côté de la rivière, en face de Saturno (à 6 lieues de l'embouchure de la rivière), on trouve d'abord des granites qui prennent beaucoup d'extension du côté du sud, où ils renferment un grand nombre de filons et de sables aurifères à Talca et à Andacollo.

Roches compactes homogènes.

En descendant par la rive gauche de la rivière, on voit, en face de Algarrovito (5 lieues de la mer), des roches ressemblant beaucoup à des phonolites, soit par leurs caractères extérieurs, soit par

le son qu'elles produisent lorsqu'on les frappe avec un marteau. Ces roches sont grises, compactes, avec indication de tout petits cristaux feldspathiques blanchâtres. Dans ces roches, on voit un large filon cuivreux autrefois exploité.

Diorite. Plus à l'ouest, on arrive aux roches dioritiques qui constituent une longue rangée de montagnes depuis Cerro Grande jusqu'à la Cuesta de Peralta (10 à 11 lieues). Ces montagnes abritent une vallée longitudinale tertiaire du côté de l'est, et renferment beaucoup de mines de cuivre; notamment celles de la Cruz de Caña, del Peñon, de Tambillos, del Buitre, etc. Ces roches dioritiques sont à base d'albite; mais, en général, ce dernier se trouve tellement mélangé d'amphibole qu'il est difficile d'en séparer, à l'état de pureté, une quantité suffisante pour faire une analyse. Cependant ce feldspath se montre quelquefois parfaitement pur et cristallisé, formant des veines au milieu de la roche. J'ai trouvé par hasard une de ces veines près de la mine de cuivre du Peñon, et cela m'a donné l'occasion d'examiner cette espèce minéralogique avec soin.

Albite. L'albite y forme des cristaux groupés sans aucune symétrie et accompagnés d'amphibole fibreuse. Les cristaux sont d'un blanc sale, tirant un peu sur le vert. Ils ont 15 à 20 millimètres de longueur et environ 8 à 10 millimètres de largeur; ils sont hémitropes, semblables aux cristaux de *péricline;* c'est-à-dire que les cristaux, au lieu de se joindre parallèlement à l'axe du cristal, sont réunis parallèlement à la base : chaque prisme se compose de la base P, de deux faces M provenant de troncatures sur les arêtes verticales, et de deux autres provenant de troncatures sur les angles aigus

de la base. La face M forme un angle presque droit avec la face P, et l'angle rentrant, au lieu d'être sur la base, se trouve sur la face M. Il y a deux clivages, dont l'un, qui est facile et qui a un éclat vif perlé, se trouve parallèle à la face P, et l'autre, moins facile, parallèle à la face M. La structure transversale est grenue et d'un éclat presque vitreux. Au chalumeau, ce minéral est un peu moins fusible que l'orthose : il devient blanc, translucide, et se fond sans donner un verre bulleux comme l'orthose, Son p.spéc. = 2.681. L'analyse m'a donné pour la composition du

	Feldspath.		Amphibole qui l'accompagne.
Silice.	0,6415		0,511
Alumine.	0,2165		0,010
Protoxyde de fer.	0,0130		0,082
— de manganèse.	0,0155		0,025
Soude.	0,0690	magnésie.	0,145
Potasse.	0,0080		
Chaux.	0,0190		0,206
Perte au feu. . .	0,0110		»
	0,9935		0,979

On voit, par conséquent, que, d'après la composition et le poids spécifique de ce feldspath, ce minéral se rapproche de la variété d'albite, nommée Oligoklas, par M. Berzélius. Je crois que c'est l'espèce qui entre dans la composition de toute la chaîne de montagnes qui s'allongent dans la direction S. S. E., et s'étendent depuis Cerro-Grande jusqu'à la cuesta de Peralta. Elles se trouvent souvent interrompues par de gros filons, des dykes et des amas d'un porphyre albitique, dont la pâte est d'un gris foncé compacte et les cristaux larges, très-aplatis, minces, presque de même couleur

Porphyre albitique.

que la pâte, doués d'un éclat vitreux assez vif, présentant des clivages très-faciles parallèles à la base, et quelquefois des angles rentrants, très-obtus, sur les faces de ces clivages. Cette roche porphyrique est extrêmement tenace, et se montre très-souvent dans ce terrain granitique de la côte.

Roches dioritiques et manière dont elles se désagrègent.

Le fond de la vallée qui s'étend au pied de ces montagnes dioritiques, est formé de granite, comme on peut le voir dans les travaux inférieurs des mines de cuivre de Tambillos; mais en s'approchant de la mer, on voit encore reparaître les mêmes diorites, formant trois montagnes arrondies, isolées des autres, et dont la plus haute porte le nom de *Pan de Azucar*. Ces roches, comme beaucoup d'autres appartenant au même *terrain*, ont la propriété de se désagréger, de telle manière qu'elles tombent par plaques en commençant par les arêtes et les angles les plus saillants, et s'arrondissent sur place en prenant la forme de ces blocs erratiques dont les plaines du nord de l'Allemagne et de la Pologne sont parsemées. C'est aussi cette même roche qui forme souvent des dykes et des amas au milieu des granites proprement dits. Comme ces granites se désagrégent d'ordinaire plus facilement que les diorites et les porphyres dioritiques, il en résulte que pendant que la masse granitique qui entoure ces derniers se réduit en sables et graviers, on voit encore ces dykes et amas de roches dures rester debout et s'élever au-dessus des débris granitiques. Vient ensuite le temps où ces hautes murailles privées des masses qui les avaient soutenues s'écroulent sous leur propre poids, et par suite de tremblement de terre, couvrent de leurs fragments, fendus et fracturés

en tous sens, les masses de détritus granitiques et s'enfoncent au milieu des sables et graviers. Comme en outre ces blocs dispersés à la surface du terrain ne conservent pas leurs angles et arêtes, et avec le temps s'arrondissent et se couvrent de leurs propres débris; il s'ensuit qu'au bout d'une époque plus ou moins longue, tout le terrain prend l'aspect d'un amas de sables et de graviers parsemés de pierres roulées, tout à fait semblables aux collines d'alluvion, produites par l'action des forts courants d'eau.

Formation de collines semblables aux collines d'alluvion, par la seule action atmosphérique.

Pour rendre plus visible la manière dont les gros fragments de ces roches se rangent en amas de pierres roulées, j'ai représenté *Pl. V, fig.* 6, un gros fragment de diorite qu'on voit au pied du Pan de Azucar et qui a plus de 80 mètres cubes de volume. Ce bloc s'est détaché probablement de la crête saillante de la montagne, par suite de quelques fortes secousses ou de tremblements de terre, et en conséquence de la désagrégation locale de la partie de la roche qui l'avait soutenu. En tombant, il s'est fendu en trois parties formant deux blocs de formes pyramidales placés sur leurs bases, et un troisième ayant son sommet en bas. Or chacun de ces trois blocs se désagrégeant en place, et s'arrondissant sur ses arêtes et ses angles aigus, celui d'en haut baisse continuellement, en se glissant entre les deux autres, et il viendra un temps où on ne verra plus que trois boules ou pierres roulées semblables aux blocs émoussés par les eaux.

Porphyre albitique.

A l'ouest de la montagne dioritique du Pan de Azucar, on voit des roches feldspathiques compactes et des porphyres albitiques gris noirâtre comme ceux que je viens de décrire. Ces roches, tantôt

se fendent en tous sens indistinctement, tantôt présentent trois systèmes de divisions qui partagent la roche en prismes rhomboédriques. Par suite de ces divisions, la roche peut prendre l'aspect d'une roche stratifiée à couches fortement redressées. On remarque aussi qu'un des trois systèmes de fentes qu'on observe dans ces roches, a presque toujours une direction parallèle à la chaîne principale des Andes et qu'un autre se dirige au N.-O.

Syénite. En avançant encore plus vers la mer, et se tenant toujours à la limite du bassin tertiaire on retombe sur une syénite à feldspath rouge et amphibole verte qui entoure et abrite toute la baie de Coquimbo (tant la baie ancienne, occupée par les terrains modernes récemment soulevés, que la baie actuelle) du côté du sud.

Pegmatite. En arrivant au port où se termine le rivage méridional de la baie, on ne voit que des pegmatites composés presque exclusivement de quartz et de deux espèces de feldspath, dont l'une est blanche, se désagrégeant avec facilité, et l'autre d'un blanc jaunâtre ou rougeâtre pâle, semblable au feldspath orthose de Bavéno.

Orthose à base de potasse et de soude. Ce dernier feldspath rouge ou jaunâtre est l'élément principal des granites de la côte de l'océan Pacifique. Il est tantôt compacte et amorphe, tantôt lamellaire, se clivant en trois directions comme toutes les variétés connues d'orthose. Je ne l'ai jamais vu cristallisé, ou du moins jamais en cristaux complets, et on le voit le plus souvent pénétré de petites particules de quartz, dont il est impossible de le dégager complétement.

Un échantillon de ce feldspath, pris sur le rivage même de l'Océan, et dégagé autant que possible du quartz et des matières étrangères, a été analysé

par le carbonate de baryte, et on a trouvé pour sa composition :

Silice.	0,6735
Alumine.	0,2050
Potasse.	0,0661
Soude.	0,0400
Chaux.	0,0070
Magnésie.	0,0042
	0,9958

son poids spécifique = 2,548.

Au milieu de ces pegmatites, du port de Coquimbo, on voit de larges filons presque verticaux de 2 à 3 mètres de puissance, de roches porphyriques noires, tantôt quarzifères, tantôt contenant du feldspath vitreux, semblable au feldspath de certaines roches volcaniques.

Telles sont les masses qui constituent ce qu'on pourrait comprendre sous le nom générique du *terrain granitique de la côte*, aux environs de Coquimbo. Je n'aurai qu'à y ajouter deux remarques.

D'abord, il n'y a aucun ordre dans la manière dont les roches se succèdent les unes aux autres. Souvent dans une montagne on voit diverses variétés, que dis-je, toutes les variétés de roches que je viens de citer, et qui occupent indistinctement le sommet, les flancs ou la base de la montagne, passant insensiblement les unes aux autres. Je pourrais citer une colline située sur le chemin de la Higuera, tout près de la Compania, à une demi-lieue de Coquimbo, où j'ai trouvé, dans un espace de 100 à 150 mètres de longueur et d'autant de largeur, toutes ces roches disposées par amas tout à fait irréguliers, et coupées par des veines d'épidote, de quartz, de feldspath ou d'am- 1re Remarque.

phibole radiée. De sorte que pour définir tout ce terrain minéralogiquement et par rapport à sa composition chimique, on dirait qu'il y a huit éléments, savoir : la silice, l'alumine, la potasse, la soude, la chaux, la magnésie, et les protoxydes de fer et de manganèse qui, en se combinant en diverses proportions, forment cinq espèces minéralogiques principales, qui sont l'orthose, l'albite, l'amphibole, le mica et le quartz, et deux autres de moindre importance, comme l'épidote et la tourmaline, et que du groupement de ces espèces et de leur mélange plus ou moins intime, résultent toutes les variétés de roches que nous avons indiquées.

2e remarque. Secondement, ce terrain est éminemment aurifère, et il paraît que ce métal non-seulement se trouve dans une infinité de veines et filons qui traversent ce terrain, mais aussi dans la masse des roches mêmes. En effet, ayant recueilli du sable à grains feldspathiques anguleux, à la surface d'une montagne granitique près du port de Coquimbo, à l'endroit où on ne voyait point de veines ni filons, j'ai extrait de ce sable de l'or en particules pondérables, en faisant un essai par voie sèche sur un poids de cent grammes de matière.

Ajoutons, qu'on n'a jamais trouvé dans ce terrain, du moins sur les côtes du Chili et du Pérou, de pierres gemmes, d'étain, de wolfram, ni aucune des autres espèces minéralogiques qui caractérisent les granites anciens ; et que les seuls métaux qui se trouvent associés à l'or sur cette côte sont le fer et le cuivre.

Quittons maintenant la baie de Coquimbo et dirigeons-nous par la vallée du même nom, vers

la ligne des faîtes, dans le but d'examiner le système de terrains de ces montagnes.

Ligne du contact des deux terrains.

La vallée de Coquimbo monte d'abord vers l'E. S. E. et à 9 lieues du chemin, à peu près à 6 lieues en ligne droite de la mer : on arrive à la ferme de la Calera, située à 333 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ici la vallée fait un petit détour vers le nord et reçoit les eaux de deux ravins, dont l'un, *Quebrada de la Marqueza*, vient du nord, et l'autre, *Quebrada del Arrayan*, du sud. A une lieue plus à l'est, on arrive à la première *ligne du contact* des roches stratifiées avec le terrain granitique dont je viens de donner la description.

On peut examiner cette ligne, soit en entrant par la Quebrada de Santa Gracia, et passant par le chemin qui conduit aux mines d'argent d'Arqueros, soit en prenant le chemin de la vallée principale, soit enfin en remontant la Quebrada del Arrayan.

Porphyres bigarrés.

Les premières roches secondaires qui apparaissent sur ces trois chemins sont de même aspect et de même nature. Ce sont ces mêmes porphyres *bigarrés* dont j'ai déjà tant de fois parlé dans le paragraphe Ier. Leur pâte est compacte ou terreuse, bigarrée en brun, gris verdâtre, etc., et les cristaux feldspathiques sont très-petits, irréguliers, souvent réduits à ne former que de très-petites pointes fort irrégulières à peine visibles. Il y a passage insensible d'un terrain à l'autre. Les stratifications apparaissent d'abord par lambeaux, les détritus qui couvrent la surface des montagnes deviennent terreux, ou en poussière très-fine, et ce n'est qu'à une certaine distance du granite que les couches présentent un parallélisme et des plans

de division bien nets et bien visibles. Elles plongent communément à l'est et alternent avec des brèches porphyriques de mêmes couleurs que les porphyres.

C'est aussi à la distance d'environ 2 à 3 lieues à l'est de cette ligne du contact des deux terrains, et aux premiers points culminants du terrain stratifié que se trouvent les mines d'amalgames natifs d'Arqueros, et celles de minerais iodurés de même métal au Cerro de Los Algodones.

Je renvoie pour la description des premières à mon mémoire, inséré dans les *Annales des Mines*, 3e série, t. XX, p. 265, et je vais parler du gisement de ces dernières.

Mines d'argent de los Algodones.

Le chemin de ces mines monte par la Quebrada del Arrayan, et à peine a-t-on fait une lieue, à partir de la Calera, qu'on se trouve déjà dans les porphyres bigarrés, qui forment ici des couches fort épaisses et régulières. On met environ 2 heures à monter la montagne de los Algodones, composée de ces porphyres, au milieu desquels on voit quelques couches de porphyres identiques à ceux qui recouvrent la montagne de Agua Amarga (p. 477). Au sommet de la côte, en face de Potrerillo, on rencontre une espèce de grès rouge à grain semi-cristallin, composé de petites particules blanches et rouges. Les blanches paraissent être du feldspath transformé en kaolin, et si l'on examine les roches qui accompagnent ce grès, on voit que ce dernier passe insensiblement à une variété de porphyre rouge, dont la pâte est rouge et le feldspath en tout petits cristaux très-irréguliers.

Chemin faisant on rencontre aussi du porphyre à rognons de jaspe et de calcédoine, et du por-

phyre à noyaux zéolitiques : roches caractéristiques du terrain de porphyres bigarrés.

Les mines d'argent de los Algodones se trouvent près du point culminant de la montagne de ce nom, à l'endroit nommé Rincon de la Laja. Elles sont sur le même méridien magnétique que les mines d'Arqueros, et dans la même chaîne de montagnes, à peu près à la même distance de la ligne du contact des deux terrains que ces dernières. Situation.

Il y a à peine un an et demi (en 1842) que ces mines ont été découvertes, et on n'exploite jusqu'à présent que deux filons.

Le premier de ces filons, connu sous le nom de la *Veta del Carmen* affleure à la hauteur de 1.309 mètres au-dessus de la mer, ce qui est à peu près la même hauteur que celle de la mine d'amalgames natifs de la Descubridora, dans la montagne d'Arqueros. Il court du N. 5° à 7° O. au S. 5° à 7° E. et plonge à l'est. Il n'a pas de salbandes; il n'a que 2 à 3 pouces de largeur et adhère à la roche : il se trouve en outre fréquemment interrompu par des *croiseurs*. La roche encaissante est un porphyre dont la pâte est tantôt d'un brun sombre violacé tacheté en diverses nuances de gris, de verdâtre et de bleuâtre, tantôt d'un gris cendré, tacheté en rouge. Parfois on la trouve bréchiforme, c'est-à-dire que les taches de la pâte imitent les fragments anguleux d'une brèche. La structure de cette pâte est presque toujours terreuse et rarement compacte; les cristaux de feldspath très-petits, très-irréguliers, comme dans la plupart des porphyres stratifiés. La même roche contient, au voisinage du filon, du spath calcaire

Filon del Carmen, où se trouve l'iodure d'argent.

disséminé en nodules, filets et veines très-irrégulières.

On n'a encore pénétré qu'à une trentaine de vares de profondeur dans ce filon, et on a reconnu que ce filon ne contenait près de son affleurement (à peu près à 6 vares au-dessous de la surface) que de l'iodure d'argent, mélangé d'une faible proportion d'argent natif en particules extrêmement tenues. L'iodure y était disséminé en veinules très-minces et tout à fait irrégulières, mais il y était parfaitement pur, sans aucun mélange de chlore ni d'iode.

Iodure d'argent.

Ce minéral est d'un jaune de soufre pâle, un peu verdâtre; il ne change pas de couleur, lors même qu'on le laisse exposé pendant longtemps à l'action directe du soleil. Sa structure est lamellaire; on a reconnu dans quelques petits fragments l'indice de trois clivages rhomboédriques; on voit dans d'autres un clivage très-facile, parfait, d'un éclat nacré, et d'autres clivages moins faciles, indéterminables. Il est plus tendre que le chlorure ou les chloro-bromures et moins flexible que ces derniers; il s'écrase facilement dans un mortier. Il est plus fusible que les chloro-bromures, et en se fondant il devient rouge, puis en se refroidissant il prend une teinte grise verdâtre, sans devenir *corné* comme le chlorure : aussi, il se réduit en poudre avec facilité. Sur le charbon, il se réduit en se couvrant d'une infinité de petites boules métalliques d'un blanc d'argent éclatant. Chauffé dans un matras avec de l'acide sulfurique et du peroxyde de manganèse, il dégage des vapeurs d'iode : il produit les mêmes vapeurs lorsqu'on le chauffe avec de l'acide nitrique, seulement, dans ce cas, il cesse de dégager l'iode au

moment où l'acide entre en ébullition, puis la vapeur violette reparaît lorsque l'acide cesse de bouillir. L'acide muriatique n'exerce qu'une action dissolvante sur ce minéral sans le décomposer, lors même qu'on ajoute du peroxyde de manganèse. Ce minéral ne se réduit pas par le mercure, même en présence d'une dissolution concentrée de sel marin, et par cette raison on ne pourrait pas le traiter par la méthode ordinaire d'amalgamation.

Tel est le minéral trouvé aux affleurements de la Veta del Carmen. Sa gangue se compose en partie de carbonate de chaux, en partie d'une argile extrêmement fine, d'un rouge de brique foncé. Cette substance argileuse, terreuse, caractéristique par la finesse de son grain, est celle dans laquelle les petites particules amorphes et les veinules d'iodure se trouvent de préférence engagées. Je dois en même temps remarquer que la même substance se montre souvent dans le minerai d'amalgame natif d'Arqueros où je viens de reconnaître aussi quelques traces d'iodure d'argent d'un beau jaune citron.

On a extrait environ 20 à 30 quintaux de ce minerai contenant de l'iodure, de la mine del Carmen; et bientôt après, on trouva à une douzaine de vares plus bas, en veinules aussi irrégulières que celles de l'iodure, et tout à fait dans les même gangues, du chloro-bromure verdâtre tout à fait semblable aux chloro-bromures de Chañarcillo. Ce dernier minéral disparut à son tour, et le filon, à une profondeur plus considérable, donna du chlorure pur accompagné de sulfure d'argent : le minerai devint dans ce dernier cas cuprifère et siliceux.

Chloro-bromure et chlorure d'argent.

On avait ensuite poursuivi les travaux de re-

cherche, quoique avec bien peu de monde, pendant dix mois, sans rencontrer la moindre trace de minerai ioduré, lorsque dernièrement on m'envoya de la même mine quelques petits rognons, du poids de 2 à 3 grammes d'iodure parfaitement pur, lamellaire, noircis à la surface par l'argile dans laquelle on les trouva engagés et de forme tout à fait irrégulière. Je ne connais pas bien l'endroit duquel on les a tirés, je sais seulement qu'ils ne proviennent pas des travaux inférieurs de la mine.

Le second filon de la même montagne, beaucoup plus large que le premier, affleure à plus de 200 mètres de celui-ci et à une trentaine de mètres plus bas que la mine del Carmen. Sur ce filon se trouve la mine nommée la Descubridora qui a produit plus de 300 quintaux d'un minerai cuprifère, contenant du sulfure et du chlorure d'argent disséminés dans une gangue silicatée, verte, mélangée de carbonate de chaux. Ce filon court parallèlement au précédent et on y a trouvé du chlorure blanc parfaitement pur, et du chloro-bromure vert semblable à celui de la mine del Carmen : mais ce filon n'a pas produit jusqu'à présent la moindre trace de minerai ioduré.

Les mines de los Algodones font voir que les mêmes filons peuvent contenir en même temps de l'iodure, du chloro-bromure et du chlorure pur, et que ces trois substances, confondues pendant longtemps sous le nom d'*argent corné*, forment trois espèces minérales distinctes. Celle qui paraît être la plus superficielle, c'est-à-dire la plus rapprochée des affleurements, est l'iodure; viennent ensuite les chloro-bromures, et puis, au dessous des

autres, le chlorure. Les deux premières, à ce qu'il paraît, ne sont jamais associées à aucune autre espèce minérale d'argent qu'à quelques traces d'argent métallique, tandis que le chlorure se trouve très-souvent accompagné de sulfure d'argent. Les caractères qui les distinguent peuvent, à ce que je crois, se résumer de la manière suivante :

	COULEUR ET ACTION DE LA LUMIÈRE.	DANS UN MATRAS, en faisant bouillir avec de l'acide sulfurique et du peroxyde de manganèse.
IODURE	*jaune*, ne changeant pas de couleur.	Vapeurs d'un beau violet.
CHLORO-BROMURE	*verdâtre*, devenant d'un gris noirâtre.	*Id.* d'un jaune rougeâtre.
CHLORURE	*blanc*, devenant d'un noir violacé.	*Id.* verdâtre.

Il paraît que le bromure parfaitement pur n'existe pas dans la nature : ce qui fait voir que le bromure s'est précipité en présence d'un excès de chlore ; et comme l'eau de mer est un gisement commun pour le chlore, le brome et l'iode, et que les trois minéraux cités se trouvent toujours, au moins au Chili, dans les roches stratifiées de formation marine, ou dans des roches stratifiées porphyriques (qui probablement ne sont que des roches métamorphiques de celles qui pouvaient avoir eu la même origine que les précédentes), on a des motifs de supposer que ces trois espèces minérales doivent leur origine à l'action de l'eau de mer sur les affleurement des filons argentifères, en admettant toujours que ces derniers se soient ouverts avant l'instant, ou plutôt au moment même où ce terrain reçut la première impulsion de la force qui le

souleva. Cette hypothèse nous expliquerait pourquoi on ne trouve ces trois espèces minérales qu'à la partie supérieure des filons et au-dessus des autres minerais d'argent.

Outre les deux filons que je viens de décrire, on en a découvert beaucoup d'autres dans la même montagne : seulement, la surface de la montagne étant couverte d'une couche de terre végétale, les recherches des mines sont difficiles à faire, et l'exploitation même de celles où on a trouvé de l'argent, ne fait pas de progrès.

Terrain de porphyres bigarrés.

En partant de ces mines dans la direction N.-E. on redescend en quatre heures de temps dans la vallée d'Elqui, et dans ce trajet on a l'occasion d'examiner toutes les roches qui entrent dans la composition du terrain stratifié de los Algodones, qui est identique, comme je viens de le dire, avec le terrain d'Arqueros (1). On doit surtout s'arrêter aux escarpements qui se montrent à l'endroit où le chemin commence à descendre du côté de Huallihuayca et qui présentent une coupe de ce terrain sur une épaisseur de 400 à 500 mètres. On y voit des porphyres et brèches porphyriques alternant avec quelques roches compactes qui paraissent être de la même substance que la pâte des porphyres. On y retrouve le même porphyre rouge, ou plutôt d'un brun violacé, dont les cristaux devenant extrêmement petits, irréguliers, terreux, donnent à la roche l'aspect d'un grès rouge. La pâte de ces porphyres forme aussi des assises à part, des couches compactes, très-régulières, de 1 à 2 mè-

(1) Je n'ai pas trouvé à los Algodones cette couche aux hyppurites, qui se trouve intercalée au milieu des porphyres à Arqueros.

très d'épaisseur, qui alternent avec des lits et strates minces aussi réguliers que les couches de grès rouge porphyroïde dont je viens de parler, et n'ayant souvent que 8 à 10 lignes d'épaisseur. Enfin, au milieu de toutes ces roches de diverses nuances de rouge, de violet et de noir, on aperçoit des bancs de brèches porphyriques, à pâte porphyrique, bigarrées de toutes sortes de couleurs et de nuances.

Il serait long, et probablement inutile d'énumérer les diverses variétés de roches qui entrent dans la composition de ce terrain : on ne remarque aucune règle fixe et rien d'important dans la manière dont elles se succèdent les unes aux autres. Les mêmes roches se répètent mille fois et à chaque étage, en gardant presque toujours un parallélisme presque parfait. On remarque seulement qu'au milieu de ce système de couches parallèles, il y en a qui se plient en forme de Z et d'autres qui paraissent se trouver en stratification discordante avec le reste du système. Cependant, comme on ne voit au milieu de ces anomalies locales aucune roche nouvelle, et toujours la même répétition de porphyres, roches compactes et brèches porphyriques, on est fondé à admettre que toutes les roches stratifiées de los Algodones appartiennent à la même époque et au même terrain que celles d'Arqueros.

Lorsqu'on s'arrête au sommet de ces escarpements, et qu'avant de descendre de ce plateau, qui se prolonge jusqu'aux mines de los Algodones, on jette un coup d'œil sur les montagnes environnantes; on voit des escarpements semblables à ceux que nous venons de décrire, se dessiner de tous côtés, formant une espèce d'ellipse allongée dans

de la vallée d'Elqui. Du centre de cette [illegible] on voit surgir des masses granitiques dans lesquelles se trouve creusée cette belle vallée. Ces masses granitiques sont composées de la même diorite qui plonge sous le terrain stratifié dans la Quebrada de Santa Gracia et dans celle del Arrayan du côté de la mer; c'est la roche soulevante qui perce pour la première fois le terrain de porphyres bigarrés.

Premier percement du terrain stratifié par les granites.

La facilité avec laquelle ces roches granitiques se désagrégent a donné lieu à la formation de la belle et large vallée d'Elqui, qui n'est que la continuation de celle de Coquimbo. On doit ajouter que cette dernière garde sa largeur depuis la mer jusqu'à la ligne du contact de deux terrains près de la Calera; en touchant cette ligne, elle est obligée de faire un petit détour et se restreint de manière que, dans tout le trajet où elle coupe le terrain stratifié, elle prend l'aspect d'un ravin aux parois presque verticales. En arrivant ensuite aux diorites de Huallihuayca que je viens de citer, elle s'élargit de nouveau, recouvre sa forme évasée, et c'est ici que se trouvent les villages de Tambo de Villa Vicuña, de San Isidro, de la Diaguita, avec leurs vignes, leurs énormes figuiers, leurs beaux jardins et leurs prairies couvertes de luzerne. Cette belle végétation se trouve à 560 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Les granites de cette partie de la vallée ne s'étendent que sur une longueur de 4 à 5 lieues. Là où ils disparaissent sous le terrain stratifié, la vallée se rétrécit de nouveau, et bientôt on arrive à l'endroit où le Rio Claro, qui est un beau torrent d'eau claire et limpide, se réunit au Rio Turbio, remarquable par le contraste que présentent ses eaux

troubles et blanchâtres avec les premières. De la jonction de ces deux rivières résulte la rivière de Coquimbo.

Je renverrai pour tout ce que je pourrais dire sur la géologie de cet endroit, à une notice insérée dans les Annales des Mines, 3ᵉ série, t. XVIII, p. 59. Je rappellerai seulement que, dans une masse de montagnes qui séparent les vallées des deux rivières l'une de l'autre, on rencontre au milieu de ce même terrain de porphyres bigarrés qui forme la partie essentielle du terrain secondaire des Andes, un terrain fossilifère tout à fait semblable à celui que nous avons vu à Manflas, Chañarcillo et Agua Amarga. Ce terrain fossilifère se trouve à une hauteur de 880 à 900 mètres au-dessus du niveau de la mer et constitue une partie de la montagne nommée Cerro de las Tres Cruces. Il se compose de plusieurs couches de grès rouge et de grès blanc qui alternent avec des couches d'un calcaire argileux ou sablonneux contenant beaucoup de fossiles, notamment des peignes, des térébratules, des fragments d'ammonites, des nautiles, des spirifers, etc.). On y retrouve les mêmes fossiles que nous avons déjà rencontrés à la montagne de Manflas, et que nous retrouverons encore dans la cordillère de Doña Ana. L'ensemble de ce terrain fossilifère a tout au plus 40 mètres d'épaisseur; ses couches se trouvent fortement redressées

(1) En général les peignes et les nautiles se trouvent dans les couches inférieures, et les térébratules, les spirifers, quelques espèces d'huîtres plissées, quelques bivalves, etc. (tous ces coquillages que j'envoie avec ce mémoire, et que j'ai trouvés dans une seconde visite que j'ai faite à cette montagne, en 1844), viennent des couches supérieures.

sous un angle de 45 à 50° avec l'horizontale et plongent à l'ouest; elles s'appuient contre les montagnes granitiques du côté des Cordillères et se trouvent recouvertes par des roches compactes ou arénacées rouges, qui passent, dans la partie haute de la montagne, à des porphyres stratifiés identiques à ceux qui constituent les montagnes de los Algodones, d'Arqueros, etc. (1).

Les couches fossilifères affleurent sur la pente sud-ouest de la montagne près du fond de la vallée, se montrent sur une longueur de 200 à 300 mètres en remontant la côte, et changent de nature à mesure qu'elles s'approchent du sommet de la montagne. Là elles subissent une métamorphose complète dans leurs caractères géologiques et minéralogiques. Les fossiles disparaissent entièrement : au lieu de calcaires argileux, on voit des roches compactes, homogènes, quelquefois schistoïdes, de nature inconnue; au lieu de grès à cailloux quartzeux, semblable au grès des Vosges, on ne rencontre plus que des porphyres rouges, contenant du quartz vitreux et se fendillant en tous sens (2).

En renvoyant maintenant à tout ce que j'ai dit

(1) Lorsque, en 1838, je visitai pour la première fois cette montagne, je ne connaissais pas encore l'ensemble des terrains du système des Andes et le rôle que les porphyres stratifiés jouent dans ce système. C'est pourquoi je prenais souvent ces derniers pour des roches subordonnées aux masses soulevantes.

(2) Ce passage du grès au porphyre, que j'ai déjà remarqué dans plusieurs localités, pourrait peut-être jeter quelque lumière sur la formation de certains porphyres qui se trouvent en si grande abondance dans le terrain stratifié du système des Andes, dans lequel les grès sont si rares.

dans la notice précitée, par rapport aux terrains qui se trouvent sur le prolongement des couches fossilifères de las Tres Cruces, au sud et au nord de cette montagne, je vais poursuivre la description du système des Andes en continuant mon voyage par la vallée de Rio Turbio.

Second percement du terrain stratifié par les granites.

Cette vallée, qui se dirige du nord au sud, a été formée par la désagrégation des masses granitiques qui percent pour la seconde fois ici le terrain secondaire stratifié. Ces masses sortent au jour à une lieue de Ribadavia et s'allongent dans la direction du méridien magnétique. On y trouve de très-belles variétés de granite composé de feldspath orthose rose ou blanc, de quartz laiteux et de mica. On les voit, à deux lieues et demie de Ribadavia, se divisant en prismes verticaux de dimentions colossales de plus de 100 mètres de hauteur. Près de cet endroit on rencontre un granite dans lequel tout le mica se trouve en petits cristaux très-réguliers formant des prismes hexaèdres.

Il faut que je dise qu'à l'entrée dans le Rio Turbio, du côté de Ribadavia, se trouve un rétrécissement de la vallée, produit par un chaînon de roches porphyriques dures qui constituent le reste d'une ancienne digue. Derrière cette digue, du côté d'où vient le courant, on voit les restes d'un terrain de transport moderne de plus de 200 pieds d'épaisseur, dont la surface, tout à fait horizontale, indique le niveau auquel s'élevaient les eaux avant la destruction de la digue. C'est un lambeau du terrain de formation lacustre, dont j'ai déjà eu plusieurs fois l'occasion de parler dans le courant de mon voyage.

A partir de cet endroit, on voit toute la rive gauche occupée par le granite, tandis que sur la

rive droite, on voit ce même granite supportant vers la partie haute des montagnes les couches de porphyres stratifiés; de sorte que la vallée court ici le long de la ligne du contact des granites et du terrain secondaire, et provient de la désagrégation des granites.

En arrivant à la ferme de Chapilca (4 lieues de Ribadavia), on trouve encore ce terrain secondaire au fond d'un ravin qui descend du côté droit de la rivière, et en même temps on voit sur la rive gauche des masses granitiques coupées en tous sens par des filons noirs comme du charbon et composés tantôt de roches compactes, homogènes, euritiques, tantôt de divers porphyres quartzifères, dont la surface prend une couleur noire par l'action de l'air.

La *fig.* 7, *Pl. V*, indique à peu près les dessins que forment ces filons noirs sur les escarpements des granites de la rive gauche de la vallée.

A une lieue de Chapilca, on arrive à l'endroit où la vallée tourne à l'est, et il suffit de monter 1/4 de lieue par la même vallée, pour pouvoir ensuite embrasser dans un coup d'œil (en se tournant vers les escarpements de la rive droite) la jonction des granites d'en bas avec le terrain stratifié qui les recouvre. La *fig.* 8, *Pl. V*, représente, à peu près, le groupement de ces deux terrains de la rive droite.

La vue de ces escarpements est très-intéressante. Des masses granitiques, variées dans leurs formes et dans leurs teintes, coupées à pic et traversées par des filons noirs, contrastent singulièrement avec le terrain stratifié, qui s'étend sur les granites en couches presque horizontales, couvertes de teintes sombres et égales.

C'est aussi dans cet endroit, près du contact de deux terrains, que se trouvent les mines d'argent de Chapilca; elles sont actuellement tout à fait abandonnées. Le fond de la vallée se trouve ici à 1.000 mètres au-dessus du niveau de la mer, et les affleurements des filons ne s'élèvent qu'à une centaine de mètres au-dessus du niveau de la rivière. Ils sortent au jour, par conséquent, à 200 mètres au-dessous des affleurements des filons d'Arqueros et de los Algodones; et, ce qui paraît déroger à la règle générale dans le système des Andes, ces filons argentifères percent en partie le granite même, et donnent des minerais assez riches en argent. Mines d'argent de Chapilca

Ces minerais se composent de carbonate de plomb mélangé de sulfate et de molybdate de plomb et de galène. On en a extrait plusieurs *caissons*, en 1841, et le minerai contenait 120 à 150 marcs au caisson (de 64 quintaux). Les plus riches avaient une structure coriacée, provenant de ce que les lames de sulfate de baryte, se croisant en tous sens, laissent entre elles des vides, tapissés intérieurement de carbonate de plomb noir, de carbonate de cuivre vert, d'argent métallique et d'argent chloruré. L'argent y paraît se concentrer dans la partie noire.

Parmi les variétés les plus riches de ces minerais, il y en eut une qui attira l'attention des mineurs par sa couleur noire et sa grande richesse. Elle formait une veine de 8 à 10 lignes d'épaisseur, au milieu d'autres minéraux, et je l'ai trouvée composée de :

Carbonate de plomb.	0,1843
— de cuivre.	0,0170
Sulfate de plomb.	0,3770
Argent soluble dans l'acide nitrique.	0,0253
Chlorure d'argent.	0,0026
Sulfate de baryte.	0,2365
Gangue argileuse hydratée et perte .	0,2073
	1,0000

On a aussi trouvé dans les mêmes mines du molybdate de plomb amorphe et cristallisé. Le minéral amorphe, disséminé dans une masse quartzeuse, scoriacée, caverneuse, était tantôt d'un jaune citrin, tantôt d'un jaune rougeâtre. Le même minéral cristallisé se trouvait aussi dans la même gangue et présentait deux espèces de formes, savoir : des tables octogones et des octaèdres surbaissés; les tables étaient d'un jaune clair presque transparent, tandis que les octaèdres avaient une couleur rouge jaunâtre, semblable à la couleur de quelques variétés de topaze du Brésil.

On voit d'après cela que ces minerais diffèrent entièrement, quant à leur composition, de tous les autres minerais d'argent au Chili. Leur gisement, quoique se trouvant au contact des deux terrains, présente aussi quelques particularités notables, à cause de la présence de l'argent dans le granite. Ces minerais sont en même temps aurifères, et l'argent de l'essai fait sur 10 gr. de minerais tenant 120 à 130 marcs au caisson, laisse déjà une quantité d'or pondérable, lorsqu'on le traite par l'acide nitrique. Les seules mines au Chili, dont le gisement paraisse correspondre à celle-ci, soit par la situation qu'elles occupent dans le système des Andes, soit par la nature de leurs minerais, sont les mines de plomb argentifères de San Francisco, en las Condes, sous la latitude de Santiago.

On a dernièrement été forcé d'abandonner ces mines à cause de l'irrégularité et de la pauvreté de leurs filons.

A trois lieues des mines de Chapilca, on arrive à Guanta, petite vallée triangulaire, située au confluent d'un ruisseau nommé Estero de Malpaso, avec le Rio Turbio. On y voit un bouquet de très-beaux arbres fruitiers entourés de tous côtés d'énormes rochers coupés à pic, et le climat y est tellement précoce, que, malgré la hauteur où se trouve le fond de cette vallée, et qui dépasse 1.200 mètres au-dessus de la mer, on voyait déjà au commencement de février des figues de la seconde récolte parfaitement mûres, pendant qu'à Coquimbo les *brevas*, ou figues du printemps, étaient encore sur les arbres.

Il y a deux chemins qui vont de Guanta vers la haute région des Andes, et qui servent de communication avec les provinces Argentines. Un de ces chemins passe par la vallée du Rio Turbio. C'est le plus court, mais il est tellement malcommode et dangereux à cause du grand nombre de fois qu'on est obligé d'y passer la rivière, qu'il n'est praticable pour les voyageurs que pendant une certaine époque de l'année, ordinairement à la fin de l'été. L'autre chemin passe par la vallée du ruisseau de Malpaso; il est moins pénible, et le géologue qui le choisit a l'avantage de passer par la Cordillère de Doña Ana, qui renferme un terrain secondaire extrêmement riche en fossiles.

En allant de Guanta à cette Cordillère on traverse une large vallée nommée Los Llanos de Guanta, creusée dans le même granite, qui s'étend depuis Ribadavia. Ce granite, comme nous

l'avons dit, occupe d'abord toute la rive gauche du Rio Turbio, et une partie de la rive droite; puis, la vallée tournant à l'Est, on traverse toute la masse granitique qui forme des hautes montagnes non stratifiées des deux côtés de la rivière. En arrivant à Guanta, on aperçoit de loin, à l'Est, la limite de cette masse et les couches du terrain stratifié qui la recouvrent. Nous abandonnons la vallée du Rio Turbio qui monte vers l'Est, et nous prenons à gauche vers le Nord; par conséquent nous suivons encore les mêmes masses granitiques, lesquelles, comme on le voit, s'allongent parallèlement à la chaîne principale des Andes.

Dernières habitations et derniers champs cultivés de ce côté des Andes.

Après avoir fait 3 lieues dans ces Llanos de Guanta, on arrive aux dernières habitations et aux derniers champs cultivés de ce côté des Andes. La dernière maison de cette vallée se trouve à 1.943 mètres au-dessus de la mer : on y voit encore de jolies prairies de luzerne, des champs semés de blés, et même quelques pêchers dont les fruits ne mûrissent pas tous les ans.

A l'extrémité de cette vallée (à peu près à 5 lieues de Guanta) le chemin tourne vers l'Est, monte sur des monceaux de blocs dioritiques, à côté d'une cascade nommée Malpaso, et, à 2 lieues plus loin, on arrive à l'endroit nommé Valalá, où les granites qui se transforment ici en très-belles syénites, plongent sous *les porphyres bigarrés*, et ne reparaissent que de l'autre côté de la Cordillère de Doña Ana.

Pour visiter cette dernière on laisse le chemin principal qui se dirige vers les provinces Argentines, et qui est connu sous les noms de camino del Pasto Grande, camino de la Cordillera Granda, ou bien

camino del' Valle del Cura, et on prend à droite. On se dirige par la Quebrada del Tilito vers le N.-E., et on arrive bientôt au pied de la Cordillère de Doña Ana. Pour donner une idée des distances, je dirai qu'en partant de bon matin de la dernière habitation qu'on laisse dans les Llanos de Guanta, on arrive à cet endroit sur les 4 heures du soir en allant au pas. On n'ose pas ordinairement passer cette Cordillère après midi, à cause des vents qui règnent au passage le plus élevé de la montagne, et qui sont tellement forts, que pour me servir de l'expression des gens du pays: *levantan la piedra del suelo*.

Terrain de la Cordillère de Doña Ana. Situation qu'elle occupe dans le système des Andes.

On peut dire qu'en général tout le groupe de terrains de la Cordillère de Doña Ana, compris dans un espace de quatre à cinq lieues de l'est à l'ouest, d'environ autant du nord au sud, et qui s'élève à près de 5.000 mètres au-dessus du niveau de la mer, se compose de porphyres et de brèches porphyriques stratifiés. Les porphyres sont toujours ces mêmes *porphyres bigarrés* qui constituent la majeure partie du terrain secondaire des Andes. Leurs teintes et leur structure minéralogique varient à l'infini: on y trouve des porphyres à rognons de Calcédoine et de jaspe; d'autres qui sont amygdaloïdes à rognons de carbonate de chaux ou de diverses zéolites; d'autres enfin, dont la pâte est bréchoïde, de diverses couleurs, etc. On y rencontre en outre quelques variétés de porphyres micacés ou quartzifères qu'il est rare de trouver dans les couches du même terrain rapprochées de la mer. Quant aux brèches, on en trouve à toutes les hauteurs, mais elles se montrent particulièrement vers la partie supérieure de la montagne.

[illegible] les premières couches de ces [illegible] s'appuyaient sur les [illegible] Ces couches, dans la partie voi- [illegible] très-fréquents de [illegible] et de contournements; mais [illegible] la montagne de Doña Ana, [illegible] constantes dans leur allure, [illegible] et plongent légèrement [illegible] la montagne. Cette [illegible] n'est pas constante dans [illegible] de Doña Ana. Elles [illegible] plus horizontales à mesure [illegible] de l'autre côté de [illegible] de nouveau inclinées, [illegible] c'est-à-dire plongeant [illegible] Si maintenant on [illegible] de l'autre côté de Doña [illegible] à l'est, on voit qu'à [illegible] au sommet de cette [illegible] de nature, de- [illegible] se confondent [illegible] deviennent claires, [illegible] marbrées de diverses cou- leurs. [illegible] le terrain se transforme en [illegible] comme nous l'a- vons [illegible] du contact des ro- ches stratifiées et des granites. En effet, en avançant [illegible] plus vers la chaîne principale des Andes [illegible] dans un petit ravin nommé Estero de los Baños [illegible] on trouve le granite qui [illegible] dans la structure et les couleurs de roches que lui-même avait sou- levées. Enfin, en passant de l'autre côté de ce ra- vin et en se rapprochant de la ligne des faîtes, on voit de nouveau ces mêmes couches reprendre

leur couleur et leur structure porphyrique, elles s'élèvent de plus en plus et constituent la masse de la plus haute Cordillère de ce système, nommée Cordillera de las Vacas Heladas.

Le meilleur endroit pour saisir dans son ensemble tout ce terrain, extrêmement intéressant sous tous les rapports, est le sommet du Portezuelo de Doña Ana sur le chemin même de Los Baños. La *fig.* 9, *Pl. V*, représente la coupe théorique de la construction géologique de cette partie du système des Andes, depuis les granites et les syénites de Malpaso et de Valala, jusqu'à la ligne des faîtes et le sommet de la Cordillère de las Vacas Heladas.

Cette coupe a environ 12 à 15 lieues de l'est à l'ouest en ligne directe, et la distance qui sépare la Cordillera de Doña Ana de celle de las Vacas Heladas ne doit pas dépasser 7 à 8 lieues. L'espace compris entre ces deux Cordillères est occupé par un plateau à surface ondulée, dont la hauteur est de 3.300 à 3.400 mètres au-dessus de la mer, et qui se trouve dominé par une chaîne intermédiaire de collines blanches, jaunâtres et rouges de ces mêmes *tofos* ou kaolins dont je viens de parler.

Maintenant, ayant donné une idée générale de la disposition en grand du terrain secondaire de la Cordillère de Doña Ana, et de la position que les couches de ce terrain gardent à l'égard des masses granitiques qui le soulèvent, je passe à la description de cette partie du terrain secondaire qui renferme les couches fossilifères de la même montagne.

Terrain fossilifère de la Cordillère de Doña Ana.

Or je dois dire avant tout que cette partie du terrain est tellement petite en comparaison de

l'immensité de l'espace qu'occupent les roches porphyriques du même terrain, qu'à peine mériterait-elle l'attention d'un naturaliste si, par sa nature, par celle des débris organiques qu'elle renferme, elle ne servait à déterminer l'époque géologique du système entier des Andes.

En effet, les couches fossilifères de la Cordillère de Doña Ana, à peine occupent 80 mètres d'épaisseur au milieu des roches porphyriques qui constituent ce terrain. Elles affleurent sur la pente méridionale de la montagne; elles courent à peu près du N.-N.-E. au S.-S.-O., et plongent au S.-E. On les reconnaît de loin à la couleur blanche jaunâtre de leurs roches et au parallélisme des strates. Ces roches blanches, formant des rangées d'escarpements bien alignés, séparés par des pentes moins rapides, couvertes de débris de roches marneuses, contrastent singulièrement avec les couches porphyriques rouges, noires et vertes, de nuances extrêmement variées, dans lesquelles elles se trouvent intercalées. Les affleurements de ces couches fossilifères, dont l'ensemble, comme je l'ai déjà dit, ne dépasse pas 80 mètres d'épaisseur, s'élèvent, à partir du pied de la montagne (en las Vegas) où elles sortent pour la première fois au jour, jusqu'à plus de 200 mètres de hauteur au-dessus du point où elles apparaissent, et arrivant à cette hauteur, elles se replongent de nouveau sous les couches de porphyres et de conglomérats porphyriques.

Voici les hauteurs des principaux points de ce gisement, déterminées par mes observations barométriques :

1° Le point le plus bas des affleurements des couches fossilifères :

Baromètre en place à 4 h. du soir.	0m,4818	therm.	12°,20
A la même heure à Coquimbo. . .	0m,7604		19°,75

ce qui revient (en ajoutant 0m,0021 à la hauteur barométrique de Coquimbo pour avoir celle du niveau de la mer) à une hauteur de 3.879 mètres au-dessus de la mer.

Le psychromètre marque dans cet endroit,

A 7 heures du soir. .	+4°	+1°,6
A 5 heures du matin.	—1°	—4°,6

2° Point auquel s'élève l'affleurement de la couche fossilifère principale F (voyez, page 523, la description du terrain voisin de l'endroit où cette couche se replonge sous les porphyres) :

Baromètre en place à midi. . . .	0m,4737	therm.	17°,80
A la même heure à Coquimbo. .	0m,7618		20°,75

hauteur qui en résulte : 4.094 mètres au-dessus du niveau de la mer.

3° Portezuelo de Doña Ana; brèches porphyriques micacées.

Baromètre en place à 7 h. du matin.	0m,44535	therm.	7°,40
A la même heure à Coquimbo. . .	0m,76110		20°,25

ce qui correspond à une hauteur de 4.526 mètres au-dessus de la mer.

Enfin le sommet de la même montagne, composé de couches bréchoïdes porphyriques, se trouve à une hauteur de 300 à 400 mètres au-dessus du Portezuelo.

Passons maintenant à la description des principales roches qui composent ce terrain et commençons par en haut :

(A) J'ai déjà dit que les couches qui couronnent cette montagne sont des couches de brèches porphyriques. Ces brèches sont à petits fragments anguleux de porphyres et de roches compactes non calcaires empâtés dans une masse porphyrique et

alternant avec des couches de porphyres bigarrés.

(B) Ces porphyres, à la hauteur du Portezuelo, sont bréchoïdes, gris, violacés, et de diverses autres couleurs. Ils contiennent du mica de couleur noire ou de tombac et quelques petits grains de quartz. Ils sont âpres au toucher, et ressemblent parfois aux roches trachytiques terreuses d'Auvergne. Ils passent aux brèches porphyriques à gros fragments porphyriques anguleux.

(C) Au-dessous de ces porphyres et brèches porphyriques, on voit une série de roches semblables aux précédentes, accompagnées de quelques assises de roches feldspathiques homogènes compactes. Ces roches deviennent souvent friables et arénacées, et j'ai remarqué qu'elles changent continuellement de couleur et de structure, non-seulement en passant d'une couche à l'autre, mais aussi dans la même couche, en divers points de son étendue.

(D) Ce n'est qu'à environ 400 mètres au-dessous des brèches micacées du Portezuelo qu'on voit, pour la première fois, sortir de dessous les assises rouges de porphyres une couche de calcaire argileux sablonneux contenant une grande quantité de térébratules et de coquilles bivalves. Cette couche, qui a tout au plus 5 à 6 mètres d'épaisseur, ne sort au jour que dans un seul endroit, et se cache sous les détritus rouges des roches qui la recouvrent.

(E) De dessous cette première couche, on voit sortir au jour des couches très-solides de porphyres et conglomérats rouges, identiques avec ceux d'en haut; ces roches forment des escarpements presque verticaux de 30 à 40 mètres d'épaisseur.

Au-dessous de ces couches porphyriques solides

s'en trouvent d'autres qui sont tendres, faciles à se désagréger, et formant des pentes douces composées de détritus des roches précédentes.

(F) Vient ensuite un banc calcaire solide de 4 à 5 mètres d'épaisseur, se divisant en plusieurs strates et assises, dont les roches ne diffèrent entre elles que par la plus ou moins grande proportion de silice, d'argile ou de sable qui s'y trouvent mélangés. Tout ce banc, qui forme un escarpement coupé à pic, est extrêmement riche en restes organiques. Les coquilles s'y trouvent disposées par familles, mais pas toujours dans leur situation naturelle. Quelques-unes sont comprimées ou entièrement écrasées, d'autres non-seulement conservent leur tête, mais aussi quelques traces de leurs couleurs primitives. Parmi celles qu'on trouve en plus grande abondance dans la partie tout à fait supérieure de cette couche, sont de grandes térébratules (dont quelques-unes ont 65 millimètres de longueur sur 55 millimètres de largeur), des huîtres plissées semblables à l'ostrea Marschii (Bronn), des peignes semblables à ceux du Cerro de las Tres Cruces (pecten Dufrenoyi, d'Orb.), et des fragments d'ammonites.

(G) Au-dessous de cette couche solide se trouvent de nombreuses assises de marnes blanches, jaunâtres, sablonneuses, qui se délitent à l'air et qui sont tout à fait semblables à celles de la montagne de Manflas. Elles paraissent être moins riches en fossiles que les précédentes, et forment une pente douce couverte de détritus de 15 à 20 mètres de longueur.

(H) Cette pente se termine par un escarpement vertical semblable au premier F, ayant 2 à 3 mètres de hauteur, et composé d'une roche aussi solide et de même nature que la couche F. On y

trouve diverses coquilles turbinées, des nérinées, des trochus, diverses espèces de bivalves à l'état de moules, des térébratules plissées et beaucoup d'autres espèces.

(I) Enfin, ces dernières couches solides reposent sur des couches de grès, de porphyres et de brèches porphyriques, blancs et rouges, tout à fait semblables à celles qui couvrent tout ce groupe de roches fossilifères.

On remarque que, parmi les assises de ce dernier étage, celles qui se rapprochent le plus de la partie calcaire et fossilifère du terrain sont plus arénacées que les autres, et qu'il arrive ici, de même que nous l'avons observé dans la montagne de las Tres Cruces, que les grès rouges passent insensiblement aux porphyres de même couleur et aux brèches porphyriques.

J'ai aussi remarqué qu'au milieu d'une stratification régulière et concordante, on aperçoit, sur le prolongement des couches porphyriques, des amas coniques, comme des boursouflures, de certaines masses porphyroïdes verdâtres, tantôt amygdaloïdes ou à noyaux et veinules zéolitiques, tantôt presque terreuses, se fendillant en tous sens, et se désagrégeant avec la plus grande facilité.

Pour rendre plus claire la description que je viens de donner, j'ai représenté, *Pl. V, fig.* 10, la coupe transversale du terrain de la Cordillère de Doña Ana depuis le sommet jusqu'à la partie la plus basse du terrain stratifié, et *Pl. V, fig.* 11, les affleurements des couches fossilifères sur la pente méridionale de cette montagne et la situation que gardent lesdits amas coniques de porphyres qui paraissent se trouver dans une position anormale à l'égard du système.

A deux lieues de Doña Ana, du côté de l'est, on arrive à la vallée de l'Estero de los Baños. En descendant dans cette vallée qui a la figure d'un ravin très-profond et très-étroit, on voit, comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire, ses parois formées de roches stratifiées transformées en *tofos* ou kaolins, et le fond creusé dans le granite. Granite de la vallée de los Baños.

C'est au milieu de ces granites, au voisinage des roches stratifiées changées en kaolins, que sortent les eaux thermales et minérales dans cette vallée. Il y en a de diverses températures : les moins chaudes ont une température de 26°, et il y en a qui marquent plus de 60° C. On voit quatre sources principales, outre plusieurs autres de moindre importance. Elles apparaissent au milieu d'une croûte de marnes et d'efflorescences salines dont tout le fond du ravin se trouve recouvert. On les voit sortir les unes à côté des autres, dans un espace de 12 à 15 mètres de longueur; on en voit même quelques-unes qui marquent plus de 30° de différence dans leurs températures, quoique les ouvertures d'où elles sortent se trouvent à la distance de 2 à 3 pieds l'une de l'autre. Ces eaux n'exhalent pas d'hydrogène sulfuré, mais en sortant au jour, elles laissent dégager des bulles d'acide carbonique et déposent des quantités considérables de sels. Ces sels, déliquescents par leur nature, produisent une telle sécheresse dans la vallée, que le psychromètre, placé à l'ombre d'une pauvre chaumière, construite à l'usage des malades qui y viennent pour se baigner (le 11 de février 1844), donna, à midi, dix degrés de différence entre les deux thermomètres, la température de l'air étant de + 16°,4. Un morceau de ces sels parfaitement blanc et très-dur tomba en déli- Eaux minérales et thermales.

quescence dès que nous sortîmes de ce ravin, quoique nous fussions à une hauteur plus considérable que le fond de la vallée, où on les avait recueillis. D'après mes observations barométriques, j'ai trouvé que l'endroit où les eaux thermales sortent au jour est situé à 3.258 mètres au-dessus du niveau de la mer. Deux litres de ces eaux, emportés dans des bouteilles bien bouchées, et puis soumis à l'analyse, donnèrent pour leur composition :

Sulfate de soude.	0,001227
— d'alumine. . . .	0,000187
Chlorure de sodium. . . .	0,001438
— de calcium. . .	0,001339
Carbonate de chaux. . .	0,000548
— de magnésie. .	0,000029
Silice.	0,000004
Acide carbonique libre. .	0,000066 (?)
Substance organique. . .	traces.
	0,004838

On n'a pas découvert dans ces eaux la moindre trace d'iode ni de brome. Elles ont un goût salé et amer; elles produisent un effet purgatif et on leur attribue de grandes vertus médicinales.

A côté de ces sources minérales, un torrent d'eau blanche et bourbeuse descend par le même ravin, et se jette à 4 lieues de cet endroit dans le Rio Turbio. C'est aux eaux de ce torrent que ladite rivière doit son nom et la mauvaise qualité de ses eaux : car avant de se joindre avec l'Estero de los Baños c'est une des plus belles rivières que j'aie vues dans les Cordillères du Chili.

Troisième percement du terrain stratifié par les granites.

La vallée de los Baños descend du nord au sud, et c'est en même temps la direction des masses granitiques, qui se montrent au fond de la vallée dans toute sa longueur, et sortent entièrement au

jour à la jonction des deux rivières. Les roches qui les recouvrent et qui se montrent constamment des deux côtés de la vallée sont, comme je viens de le dire, des roches métamorphiques changées en majeure partie en kaolins. On les voit très-souvent conserver leurs plans de stratification et même quelquefois des traces de leur structure porphyrique ou bréchoïde. Cependant les roches les plus abondantes sont des masses homogènes, terreuses, blanches ou rougeâtres, marbrées de diverses nuances de brun et de rouge.

On voit surtout des montagnes énormes de ces kaolins près de la jonction de la vallée de los Baños avec celle du Rio Turbio, au voisinage des grandes masses de diorite et de syénite qui y percent tout le terrain stratifié et dominent les autres montagnes.

Lorsque après être descendu de la vallée de los Baños on continue son voyage en remontant par la vallée du Rio Turbio, on voit que ces dernières masses granitiques s'étendent surtout sur la rive gauche de la rivière, et ne se montrent sur la rive droite, que près du fond de la vallée ou vers la partie inférieure de ses flancs. On voit en même temps sur les escarpements de cette rive droite, qu'au-dessus des granites, viennent d'abord les *tofos* ou roches terreuses blanches et rougeâtres (kaolins), puis, au-dessus de celles-ci, les couches du terrain stratifié, gardant leur parallélisme et leurs plans de division dans des situations presque horizontales.

Je ne connais pas d'endroit d'où on puisse voir plus commodément et avec plus d'évidence ce groupement de roches et la relation que présentent ordinairement les kaolins à l'égard des granites et

des porphyres, qu'en se plaçant au sommet d'une montagne syénitique nommée el Carrisal, située à trois lieues de distance de l'embouchure de l'Estero de los Baños, sur la rive gauche, et portant la vue sur les escarpements qui se trouvent en face de cette montagne sur la rive droite de la même rivière. Cette élévation est représentée d'après nature par la *fig.* 12, *Pl. V*.

Dans cette élévation, le granite ne se montre que près du fond de la vallée; de loin sa couleur est d'un gris bleuâtre et ses contours mal prononcés et arrondis. Au-dessus viennent les escarpements presque verticaux de tofos qui présentent une telle variété de couleurs et de formes qu'il serait aussi difficile de les décrire, que de les peindre dans un paysage. La plupart de ces couleurs sont claires, vives, éblouissant la vue, mais elles se mélangent en même temps avec des teintes noires ou bleuâtres, qui apparaissent dans les fentes et les cavités de la même roche. Celle-ci présente aussi la plus grande irrégularité dans ses divisions, et on y remarque, dans quelques parties, des divisions prismatiques verticales. Enfin, au-dessus de ce mélange de roches, les plus bizarres qu'on puisse imaginer, on voit s'étendre des couches régulières, presque horizontales, de porphyres stratifiés, d'une immense étendue, couvertes d'une seule teinte grise cendrée.

Porphyre quartzifère. Parmi les roches les plus remarquables de cet endroit, je dois citer un porphyre quartzifère dont la pâte est blanche, âpre au toucher, ressemblant à la pâte d'une bonne porcelaine cuite, et au milieu de cette pâte on voit de petits grains de quartz vitreux, translucide et amorphe. Cette roche est fracturée en tous sens, et les surfaces des fis-

sures sont enduites d'une substance ocreuse brunâtre qui forme aussi des taches et veines très-irrégulières au milieu de la masse solide de la roche. Cette roche ne se trouve qu'à côté du granite; elle ne présente aucune trace de stratification, et pourrait bien appartenir au terrain granitique ou de soulèvement; car on voit, même au milieu des montagnes granitiques de la côte, quelques masses, comme, par exemple, celle de Tamaya, célèbre par la richesse de ses mines de cuivre, qui se composent entièrement de porphyres de même espèce que celui-ci.

Les granites de cette partie des Andes sont en général plus beaux que ceux de la côte. On y voit ordinairement deux espèces de feldspath, dont l'une est d'un rose pâle à trois clivages faciles, et l'autre d'un blanc laiteux, plus facile à se désagréger et moins clivable que la précédente. Le quartz est toujours vitreux, le mica noir ou verdâtre, et l'amphibole verte. Granites.

Le feldspath rose ressemble tout à fait à celui de la côte; il se clive en lames minces, qui ordinairement se fondent au chalumeau avec facilité, en donnant un verre incolore et translucide. Pour constater l'identité de ce feldspath avec celui du port de Coquimbo, j'ai soumis à l'analyse la partie la plus pure du feldspath rose, provenant d'une très-belle variété de syénite de la montagne du Carrisal, et j'ai trouvé pour sa composition :

Silice. . . .	0,6537
Alumine. . . .	0,2047
Potasse. . . .	0,0630
Soude.	0,0400
Chaux.	0,0260
Magnésie. . . .	traces.
	0,9874

P. spéc. = 2,596

Ces résultats, comparés avec ceux de l'analyse du feldspath orthose du port de Coquimbo, font voir que c'est toujours la même espèce, à base de potasse et de soude, qui entre dans la composition des granites de tout le système des Andes.

La hauteur à laquelle se trouve ce granite du Carrisal est de 2.429 mètres au-dessus de la mer. Il disparaît à peu de distance, du côté de l'est, et si, en allant de ce point vers la ligne des faîtes, on jette un coup d'œil sur la manière dont il plonge sous le terrain stratifié, ainsi que sur l'allure des couches de ce dernier terrain des deux côtés de la vallée, on voit que ces couches, tout en participant au système de dislocations qui les fait légèrement incliner à l'est, plongent des deux côtés de la vallée comme l'indique la coupe *fig.* 13, *Pl. V.*

Roche granitique à base de labrador.

A la distance d'à peu près 1 lieue 1/2 du Carrisal, on arrive au confluent de deux torrents assez considérables, et dans cet endroit, le granite sort encore une fois au jour. Ce n'est plus cette belle syénite rose que nous avons laissée au Carrisal, mais une roche tout à fait différente de celles que nous avons examinées jusqu'à présent, et qui, je crois, réclame une attention particulière de la part du géologue. Sa couleur, à l'extérieur, est d'un vert sombre, et elle présente, dans plusieurs parties de la montagne, des divisions prismatiques verticales; le reste de la masse se trouve fissuré en tous sens, comme la plupart des masses granitiques des Andes. Cette roche se compose principalement de cristaux hémitropes larges, de labrador et d'un autre silicate noir, qui me paraît être de l'hypersthène. On y voit en même temps quelques parties roses, d'orthose lamellaire, mais le quartz manque entièrement. Les cristaux de la-

brador se croisent dans toutes les directions, et les vides qu'ils laissent sont occupés par ledit silicate noir. Leurs hémitropies sont analogues à celles qu'on rencontre ordinairement dans l'albite, c'est-à-dire parallèles à l'axe, et il n'est pas rare de trouver des angles rentrants sur les extrémités étroites de ces cristaux correspondant aux bases. La partie pure de ces cristaux est d'un gris clair, tirant sur le vert; elle n'a qu'un clivage facile, et encore ce clivage est loin d'être aussi net et facile que le clivage de l'orthose. La surface de ce clivage a un éclat nacré, et porte des angles rentrants et saillants très-obtus. Un autre clivage, difficile à obtenir, correspond aux faces larges, et forme, avec le précédent, des angles presque droits. Ce minéral n'est pas très-fragile; ses fragments sont très-irréguliers, à angles obtus, de forme plutôt cubique que rhomboédrique, et jamais lamellaires. Au chalumeau, il est presque infusible. Il ressemble beaucoup à l'albite; mais il en diffère par son éclat nacré, son unique clivage facile, son poids spécifique, de 2,718, qui est plus fort que celui de l'albite, par son infusibilité au chalumeau, et parce qu'il est fortement attaquable par les acides forts, qui en dissolvent 14 p. 100, au moyen d'une ébullition prolongée.

Le silicate qui l'accompagne est d'un gris verdâtre obscur, presque noir à la surface; sa structure est compacte; on obtient cependant, quoique avec difficulté, deux clivages formant entre eux des angles presque droits. Au chalumeau, il est infusible et inaltérable, conservant même sa couleur obscure.

L'analyse de ces deux substances, faite par le carbonate de baryte, par la méthode dont

M. Abich s'est servi pour l'analyse des feldspaths, a donné pour la composition :

	du labrador.	de l'hyperstbène.	Oxygène.	
Silice.	0,5705	0,392	0,203	
Alumine.	0,2620	0,080	0,037	
Chaux	0,0860	0,107	0,030	
Peroxyde de fer.	0,0190	0,399	0,090	0,130
Magnésie.	0,0032	0,027	0,010	
Soude.	0,0415			
Potasse.	0,0015 (?)			
	0,9837	1,005	$4(Mg.f.C)S + AS^3$	

Cette roche n'a que tout au plus 1/4 de lieue d'étendue de l'ouest à l'est, et se recouvre de roches stratifiées.

La Laguna. A 3 lieues plus à l'est, on arrive à un lac qui a 1 kilomètre de longueur sur 550 à 600 mètres de largeur. Les bords de ce lac s'élèvent presque verticalement à la hauteur de 300 à 400 mètres, laissant à peine un sentier très-étroit le long du rivage occidental des eaux. Ce lac n'est qu'un réservoir des eaux de la rivière, qui y sont retenues par une espèce de digue naturelle que forment les roches porphyriques de l'endroit. Cette digue a dû être autrefois plus élevée ; elle laisse maintenant une ouverture de 50 à 60 mètres de largeur pour l'écoulement des eaux. Il ne serait pas difficile de fermer cette ouverture au moyen d'une digue artificielle, et d'élever le niveau de ce réservoir pour venir au secours de l'agriculture, dans les années de grande sécheresse. A l'autre extrémité du lac, c'est-à-dire du côté du sud-est, on voit une plage d'environ une demi-lieue de longueur, sur laquelle la rivière se ramifie en plusieurs branches et ruisseaux avant de se jeter dans le lac. Cette plage, en montant, devient

de plus en plus étroite, et arrive à un endroit où on voit trois grands torrents qui descendent de trois différentes vallées.

Le niveau des eaux de ce lac se trouve à une hauteur de 3.187 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le tiers de l'étendue du lac paraît être formé de bas-fonds, comme on peut le juger d'après la quantité considérable de plantes aquatiques qui y surnagent. On y voit aussi beaucoup d'oiseaux aquatiques, notamment des canards de diverses espèces et des oiseaux nommés *Pinquenes* par les gens du pays.

Porphyres quartzifères et micacés.

Ce lac se trouve au milieu des porphyres stratifiés qui, dans cette localité, paraissent présenter encore plus de variétés que dans les autres parties du même terrain. On y remarque surtout un porphyre dont la pâte est d'un gris cendré de diverses nuances, et au milieu de cette pâte on voit de tout petits grains de quartz vitreux disséminés au milieu de cristaux roses de feldspath orthose, facile à reconnaître à ses clivages. Une autre variété non moins remarquable se compose de deux porphyres, dont l'un est rouge, argileux, contenant de tous petits cristaux blancs feldspathiques, l'autre gris, siliceux, empâtant les mêmes petits cristaux que le précédent; ces deux porphyres disposés par veines et rubans, forment un *porphyre rubané*, au milieu duquel on voit en même temps des paillettes de mica couleur de tombac et de petits cristaux luisants de quartz.

Les deux porphyres se montrent au fond de la vallée, et, à côté d'eux, on rencontre une infinité d'espèces de ces porphyres bréchoïdes gris verdâtre et brunâtre qui composent la partie

supérieure de la Cordillère de Doña Ana ; on en trouve beaucoup qui renferment des paillettes de mica, d'autres qui sont amygdaloïdes à noyaux de carbonate de chaux ou de substances hydrosilicatées. En général ces dernières variétés de roches sont moins abondantes dans les Cordillères du nord que dans celles de Santiago et de Raucagna.

Le lac que je viens de décrire donne le nom de Rio de la Laguna à la rivière qui en sort et qui porte ce nom jusqu'à son confluent avec l'Estero de los Baños, changeant ensuite ce nom contre celui du Rio Turbio. Pour cette raison on croit que ce lac (La Laguna) donne naissance au Rio de Coquimbo qui provient, comme nous avons dit, de la réunion du Rio Turbio avec le Rio Claro. Cette opinion est cependant erronée : car il y a encore une bonne journée de marche de ce lac à la ligne des faîtes où se trouvent les sources de ces trois torrents qui se réunissent, comme je viens de dire, à une demi-lieue du lac pour former le rio de la Laguna. Ces trois torrents portent les noms du Rio Puclaro, Rio de la Laguna et Rio de los Tordos. Le premier descend du S. S. E. et sort d'un groupe de montagnes de kaolins ; le second vient de l'est, et le troisième du nord. Le chemin passe par la vallée du Rio de la Laguna qui est considéré comme la principale rivière de l'endroit.

Cette vallée n'est qu'un défilé extrêmement profond et étroit, occupé dans toute sa largeur par le torrent qu'on est maintes fois obligé de passer, cherchant des sentiers qui montent sur des pentes escarpées des montagnes, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre de la rivière.

Après deux heures de chemin on arrive au confluent du Rio de la Fortuna, qui descend direc-

tement de la ligne des faîtes en formant une belle chute d'eau à travers une fente dans les rochers. De là, la vallée tourne au N. E. et on arrive aux masses granitiques, qui, pour la dernière fois, percent de ce côté des Andes le terrain stratifié. La roche ressemble beaucoup aux granites de la ligne des faîtes des Cordillères de Copiapo; elle est à gros grains et contient deux espèces de feldspath. Le feldspath blanc a deux clivages presque aussi nets que le feldspath rose, et ce dernier est tout à fait pareil à celui du Carrisal et du port de Coquimbo. Ce granite se divise souvent en prismes rhomboïdaux de 100 à 110°, et les plans de division sont presque toujours verticaux.

Quatrième et dernier percement du terrain stratifié par les granites.

Les granites ne se montrent ici que sur une longueur de une lieue à une lieue et demie, dans la direction de la vallée; ils n'arrivent pas à la ligne des faîtes et disparaissent sous les kaolins, qui à leur tour se trouvent recouverts par des roches stratifiées formant les sommets les plus élevés des Andes.

On s'arrête à la hauteur de 4.052 mètres au-dessus du niveau de la mer, au pied de la grande Cordillère de la Laguna sur laquelle on se garde bien de monter le soir à cause des vents épouvantables qui y règnent à cette heure.

J'ai passé une nuit dans cet endroit, le 13 février 1844. Tous les ravins et la plupart des pentes méridionales des montagnes étaient couverts de neige; on ne voyait de la verdure que le long du ruisseau. A la nuit tombante le thermomètre baissa à + 8° centig.; le ciel était couvert et une tempête grondait de l'autre côté des Andes. Il n'y eut presque pas de vent dans la nuit, seulement, vers la pointe du jour, le *terral*

ou vent de l'est vint me rappeler les gelées de nos hivers d'Europe.

Ligne des faîtes. A 8 heures du matin j'étais déjà sur le point culminant des Andes. La matinée était belle, le ciel pur, d'un bleu d'azur intense, le calme parfait. Je ne sentis ni froid ni le moindre symptôme du mal que les gens du pays appellent *la puna*: quoique je passai plus de deux heures à parcourir les montagnes, à faire mes observations barométriques et à recueillir des échantillons de roches.

Hauteur. Le baromètre placé sur la ligne de la séparation des eaux, à l'endroit par où passe le chemin de San Juan, marquait :

A 8 heures et demie.	$0^m,4333$	therm.	7°,4
Le même jour et à la même heure à Coquimbo.	$0^m,7595$		20°,5

Ce qui revient (en ajoutant à la hauteur barométrique de Coquimbo $0^m,0021$, pour la ramener à la hauteur barométrique observée au niveau de l'Océan) à 4.747 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Le psychromètre à la même heure marquait +6°.....+0°,6.

On voit, d'après cela, que le passage par les Andes dans ces Cordillères de Coquimbo est d'environ cent mètres plus élevé que le passage dans celles de Copiapo et de Portillo.

Toute la crête de la chaîne la plus élevée des Andes était à cette époque complétement dégagée de neiges, qui ne couvraient que leurs pentes tournées au sud et les ravins. On ne voyait même pas de neiges au sommet de quelques points culminants qui s'élevaient à 300 ou 400 mètres au-dessus du point dont je venais de déterminer la hauteur.

La grande différence qu'on remarque entre la constitution géologique de la crête des Andes de Coquimbo et celle des Cordillères de Copiapo, consiste en ce que, dans ces dernières, les granites percent le terrain porphyrique stratifié sur le dos de la chaîne, et constituent, par cela même, la partie centrale ou la partie la plus élevée du système, tandis qu'ici ce granite disparaît près de la ligne des faîtes des Cordillères, et c'est le terrain soulevé qui constitue la crête de ces montagnes.

Porphyres quartzifères et micacés de la ligne des faîtes.

Ce terrain stratifié de la ligne des faîtes est entièrement composé de porphyres et de brèches porphyriques rouges, qui sont tantôt quartzifères, tantôt micacés, tantôt contenant en même temps du quartz et du mica, ou bien entièrement dépourvus de ces deux éléments. On ne rencontre pas, dans cette haute région du système des Andes, de ces brèches à très-gros blocs et à gros fragments, qui sont si communes dans le même terrain, dans la partie basse du système. On ne voit ici que des brèches à tout petits fragments porphyriques, semblables à celles que nous avons vues près de la ligne des faîtes dans les Cordillères de Copiapo, à l'endroit nommé el Pan. En effet, si le groupe des porphyres et des brèches porphyriques rouges que nous avons signalés dans la haute région de ces dernières, doivent former un étage à part dans le système de terrains stratifiés des Andes, je crois que les couches les plus élevées des Cordillères de Coquimbo doivent appartenir au même étage, à la même époque géologique.

Voici les caractères des roches les plus abondantes qui composent le sommet de ces cordillères, sur la ligne même de la séparation des eaux.

1° Brèches porphyriques rouges, à petits fragments anguleux d'une roche terreuse brune violacée (une argilolite), d'une autre compacte, siliceuse, grise, et d'autres porphyroïdes rougeâtres, de diverses nuances; — des petits cristaux blancs, lamellaires, le plus souvent quadrangulaires ou tout à fait irréguliers, mélangés d'autres, déjà terreux (décomposés), disséminés dans toute la masse, excepté dans les fragments de la roche terreuse; — enfin de tous petits grains de quartz vitreux adhérent à la pâte, disséminés, non-seulement dans toute la masse de la pâte, mais aussi dans tous les fragments compactes ou terreux.

2° Porphyre argileux rouge, couleur de brique; pâte terreuse, au milieu de laquelle on voit les mêmes cristaux, très-petits et très-irréguliers, que l'on rencontre dans les porphyres bigarrés ordinaires de la basse région du système.

3° Roche porphyroïde, de même couleur que les précédentes; pâte terreuse, cristaux de feldspath peu distincts, décomposés; des paillettes de mica de couleur de tombac disséminées dans toute la masse, et se présentant souvent sous la forme de lamelles hexagonales, etc.

En général, toutes ces roches et une infinité d'autres qui composent la grande Cordillère de la laguna présentent les mêmes couleurs, les mêmes teintes, et les mêmes éléments. On n'y voit pas de filons ni la moindre trace de minéraux *métalliques*. Les masses en général, soit de la roche soulevante, soit des roches stratifiées, présentent un état de cristallisation confuse, qui annonce que les unes sont sorties à l'état pâteux; et que les autres ont subi sur place une métamorphose, sans que leurs éléments se trouvassent dans la possibi-

lité de se mouvoir librement pour former des cristaux parfaits. Il suffit de dire que, depuis Guanto, ou peut être depuis les mines de Chapilca, jusqu'au sommet de la grande Cordillère, je n'ai pas trouvé un seul cristal complet de carbonate de chaux, un seul cristal de quartz hyalin. En même temps je dois dire qu'on n'a jamais trouvé un seul filon métallifère dans cette partie du système des Andes.

PLANCHES JOINTES A CE MÉMOIRE.

MÉMOIRE

Sur les gisements de muriate de soude de l'Algérie (1);

Par M. Henri FOURNEL, Ingénieur en chef des mines de l'Algérie.

Le muriate de soude est répandu à profusion dans les terrains qui constituent le sol de l'Algérie. Il suffit, pour ainsi dire, de jeter les yeux sur une carte du pays pour en acquérir la preuve; on y verra que la quantité de ruisseaux désignés par le nom d'*oued mèlah* (ruisseau salé ou ruisseau de sel) est innombrable; on y verra aussi à quel point sont multipliés ces *chott* ou *sebkha* (*sebkra* suivant quelques uns), qui sont autant de lacs ou étangs salés (2), dont l'étendue est parfois considérable. Ajoutons à ces eaux salées la présence d'énormes *bancs de*

(1) La plupart des faits énoncés dans ce mémoire se retrouveraient dans les divers rapports que j'ai remis à M. le Ministre de la Guerre en 1844 et 1845. Appelé au commencement de 1846, sur la demande qu'en avait faite M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce, à traiter plus particulièrement la question des sels de l'Algérie, j'ai rassemblé les faits épars relatifs à cette question, pour rédiger un rapport que j'ai adressé, en date du 19 février 1846, à M. le Ministre de la Guerre, pour qu'il le transmît à son collègue. Le présent mémoire n'est qu'un développement, et souvent une simple copie, de ce rapport.

Bône, 26 mars 1846.

Henri Fournel.

(2) Quelques-uns sont seulement saumâtres, et ne déposent que des efflorescences; il n'y en a pas un dont l'eau soit potable.

sel gemme qu'on atteint à quelques mètres au-dessous du sol, ainsi que celle de véritables *montagnes de sel* qui s'élèvent à une assez grande hauteur au-dessus des plaines, et l'on verra que je n'exagère rien en me servant du mot profusion pour exprimer l'abondance du muriate de soude en Algérie.

Je décrirai, dans ce Mémoire, les gisements de *sel gemme* qui me sont connus, et je ne mentionnerai que ceux des *lacs* ou des *ruisseaux* dont le degré de salure est assez élevé pour que les indigènes se livrent à leur exploitation.

Je passerai successivement en revue les trois provinces, en marchant de l'Est à l'Ouest.

PROVINCE DE CONSTANTINE.

La quantité de sel produite par l'évaporation des eaux de la mer est tout à fait insignifiante en Algérie : en général la côte barbaresque est très-abrupte, et le nombre des points où il serait possible d'établir des marais salants est, par suite, fort limité; aussi ne cite-t-on qu'une localité où les indigènes recueillent du sel marin, et encore cela tient-il à ce que, par une cause accidentelle, le sel vient s'offrir de lui-même, et que les Arabes n'ont exactement que la peine de le ramasser. Je veux parler du lac El-Abiab, qu'on remarque à la partie inférieure du cours de l'Oued Besbès, affluent de la rive gauche de la Mafrag.

Lorsque la Mafrag a rompu la dune de sable qui barre son embouchure, il suffit d'un coup de vent pour que les eaux de la mer soient poussées dans le lac El-Abiab, ainsi que dans la partie inférieure de l'Oued Besbès, et lorsque vient la sécheresse, l'évaporation de ces eaux laisse un dé-

pôt de sel que les Beni Urgine, les Merdès et les Ouled Died recueillent pour leur consommation.

Il n'existe donc pas de marais salants proprement dits en Algérie.

Un des affluents de la rive droite de la Seybouse, à 20 kil. environ à l'est de Guelma, porte le nom d'*oued Mèlah*, nom qu'il doit à la salure que donnent à ses eaux quelques-unes des sources qui l'alimentent. Dans un petit cercle tracé autour d'un point qui serait à peu près à 56 kil. au S. 10° O de Bône, on observe 1° deux sources salées, situées un peu à l'ouest de l'*oued Skeker*; 2° un puits à escalier que les Arabes nomment *Bou Raüis*; 3° un terrain salifère au lieu dit *de la Daïrats*, chez les *N'Bails*, terrain dans lequel les indigènes foncent une multitude de puits peu profonds au fond desquels les eaux se rassemblent assez rapidement. Oued Mèlah de la Seybouse. *Sources salées.*

Des eaux de ces sources et de ces puits, les gens du pays tirent, par l'évaporation, de très-beau sel, et en quantité assez considérable pour alimenter la grande tribu des Hanainchas, celle des Beni Sala, etc., et la plupart des tribus du cercle de Guelma. En général, les consommateurs vont chercher leur sel aux lieux mêmes de sa production; cependant il s'en fait un certain commerce au marché des Zoukharas.

A 60 kil. environ au S.-S.-E de la petite contrée salifère dont je viens de parler, et sur la route de Tebessa, se trouve le *Djebel el Guelb*, qui, selon toutes les apparences, renferme des masses de sel gemme. Cette montagne se trouve située à la jonction de l'Oued Chabro et de l'Oued Meskiana dont la réunion forme l'Oued Milleg. Les eaux de ces ruisseaux, qui étaient douces, deviennent sa- Djebel el Guelb *Sources salées*

lées aussitôt qu'elles se sont approchées du Djebel el Guelb, parce que de cette montagne descendent plusieurs ruisseaux très-salés dont les Ouled Yaya ben Thaleb tirent, par évaporation, un sel qui a, dit-on, une saveur âcre assez désagréable.

Plaine d'el Outhaïa.

Montagne de sel gemme.

Le 3 mars 1844 j'ai quitté, pour quelques heures, la colonne que monseigneur le duc d'Aumale dirigeait vers Biskra, et, suivant la ligne tracée en lignes grasses (1) sur la carte *Pl. VIII*, *fig.* 4, je suis arrivé sur le flanc sud d'une montagne de gypse excessivement ravinée et bouleversée, dans laquelle on observe des bancs horizontaux de sel gemme généralement gris. Les ravins qui forment son versant nord sont composés de marnes gypseuses vertes, grises, lie de vin, tout à fait semblables à celles que présentent les *marnes irisées*, et il serait impossible de ne pas les rapporter à cette formation si on arrivait du sud vers la montagne de sel. Mais quand on arrive sur elle par le nord, après avoir traversé la chaîne qui abrite l'oasis d'El Kantara, vraisemblablement la plus septentrionale des oasis (2), et qu'on a reconnu, dans

(1) Les lignes noires très-déliées indiquent la marche de la colonne, en allant à Biskra, et en revenant de M'chounech.

(2) Voyez la NOTE A, à la fin de ce mémoire, p. 580. La belle oasis d'El Kantara paraît devoir à sa position particulière, plutôt qu'à sa latitude, la faculté de produire des dattes. La même réflexion s'applique aux diverses oasis qu'on observe çà et là dans les profonds ravins qui sillonnent le versant sud de l'Aurès. La fente (*) par

(*) Le pont romain qui a fait donner à l'oasis son nom d'*El Kantara*, n'a qu'une arche qui remplit la fente tout entière. Ce pont n'aboutissait qu'à un sentier tracé sur la tranche des roches qu'il a fallu faire sauter à la poudre pour former une petite route sur la rive gauche de l'Oued el Kantara. Ce travail a été exécuté, au retour, à la fin de mars 1844.

cette chaîne, les couches du terrain crétacé si bien caractérisées par de nombreux fossiles (1), et particulièrement par plusieurs genres d'échinides (*Hemipneustes*, *Micraster*) (2), il est impossible de ne pas considérer ce gisement comme géologiquement identique à celui de Cardona en Catalogne. Je ne mets pas en doute qu'une étude plus prolongée que celle que j'ai pu faire, ne m'eut permis de constater la présence de roches d'ignition.

Au milieu des marnes profondément ravinées, se trouvent de puissantes couches de poudingue complétement brisées; au milieu des gypses, sont empâtés d'énormes blocs de calcaires noir, comme celui qui forme quelques bancs dans les terrains environnants. On ne saurait dépeindre le désordre que présente tout cet ensemble, désordre qui fait un singulier contraste avec la régu-

---

laquelle l'Oued el Kantara traverse le Djebel el Gaous est singulièrement étroite. En ce point les couches du terrain crétacé sont redressées sous un angle de 65°, et la *fig*. 1, *Pl. VIII*, montre comment la haute muraille calcaire, qui plonge au sud, doit réfléchir, sur l'oasis, les rayons du soleil, en même temps qu'elle l'abrite contre les vents du nord. C'est, sur une immense échelle, ce qui a lieu pour les orangeries de Hyères.

(1) L'*Inoceramus giganteus* y foisonne; il y en a qui ont d'énormes dimensions. Le *Pecten* voisin du *quadricostatus* est fréquent.

(2) Voyez la NOTE B, à la fin de ce mémoire, p. 581. Un peu à l'ouest d'El Kantara, au point A de la carte, ces fossiles *a* (*fig*. 1) sont posés à plat sur les couches redressées. Quelques-uns ont été écrasés entre les couches. Ces circonstances de détail ont déjà été observées par M. Grateloup à Tercis, près Dax. (*Mémoire de Géo-Zoologie sur les oursins fossiles*, p. 12; in-8, Bordeaux, 1836.)

larité qui caractérise la chaîne d'El Kantara. Tous les accidents qu'on remarque de loin en loin dans un grand massif de montagnes, sont concentrés là, dans un petit espace, autour des bancs de sel gemme.

J'ai recueilli de nombreux échantillons de ce sel. Soumis à l'analyse dans le laboratoire d'Alger, un de ces échantillons a donné (1) :

Chlorure de sodium. . .	90,2
Sulfate de chaux.	2,8
Eau.	0,4
Silice à l'état de sable. .	6,6
	100,0

En défalquant la petite quantité de sable qui ne se présenterait sans doute pas dans des morceaux pris en plein banc, cette composition justifie assez bien l'ancienne réputation que possède ce sel gemme. On lit dans une intéressante description de l'Afrique, que je n'ai pu me procurer qu'en 1845 : « *près de là* (de Beskerah) *est une* » *montagne de sel*, d'où l'on extrait ce minéral » par grandes plaques qui ressemblent à de gros » blocs de pierre. C'était de là que le schüte Obaïd-» Allah et les princes de sa famille tiraient tout le » sel qu'ils employaient pour leur consomma-» tion (2). » — On sait qu'Obaïd-Allah, fonda-

(1) Dès la fin de 1843, j'ai organisé, à Alger, un laboratoire métallurgique. Les analyses y sont faites, sous ma direction, par M. de Marigny, ancien élève de l'École des mineurs de Saint-Étienne.

(2) *Description de l'Afrique*, par Abou Obaïd-Bekri; traduction de M. Quatremère. (*Notices et Extraits des manuscrits de la bibliothèque du roi et autres bibliothèques.* Tom. XII, p. 505; in-4, de l'imprimerie Royale, 1831.

teur de la dynastie des *Fatimites*, régna de 909 à 934; on sait aussi que Bekri, à qui j'emprunte le passage ci-dessus, a écrit son ouvrage l'an 1068 de notre ère; ainsi la montagne de sel gemme, dont je viens de parler, était déjà exploitée au commencement du xe siècle, et se trouve indiquée dans un ouvrage arabe qui date du xie siècle. Shaw en fait mention dans les termes suivants : « Le sel » des montagnes de *Lwotaiah* (el Outhaïa) et de » *Djebel miniss* (1) est gris ou bleuâtre..... il est » fort agréable au palais : on vend, à Alger, le » sel de *Lwotaiah* un sol l'once (2). »

Le point nommé *Hammam*, sur la carte *Pl. VIII*, *fig.* 4, est un bain chaud un peu sulfureux qui est bien connu des Arabes, et qui a été très-fréquenté par les Romains (3). C'est une grande piscine, maintenant irrégulière, dans laquelle trente ou quarante personnes peuvent se baigner à la fois sans être gênées. Au bord et à la surface, l'eau marque 34° centigrades; au fond, et vers le point d'où sort la source, elle marque 40° (4). Dans

(1) J'ai vainement cherché ce que Shaw nomme ici *Djebel Miniss*. Ce qui est certain c'est que les Arabes donnent à la montagne de sel le nom de *Djebel Mélah*, et que le massif de montagnes dont elle dépend s'appelle le *Djebel Charribou*.

(2) *Voyages de* M. Shaw *dans plusieurs provinces de la Barbarie et du Levant.* Tom. I, p. 297; in-4, La Haye, 1743.

(3) A peu de distance, entre ce bain et l'Oued el Kantara, j'ai visité des ruines romaines assez considérables, qui se trouvent ainsi sur la rive gauche du ruisseau, et non sur la rive droite comme l'indique la carte *Pl. VIII*, *fig.* 4.

(4) J'ai mesuré ces températures le 18 mars 1844. Le thermomètre placé sous ma tente marquait 22° 1/3.

la partie la plus profonde, il y a 1m,60 d'eau (1).

Ouled Kebbab.

Mines de sel gemme.

A cinq lieues ouest de Milah, j'ai reconnu un de ces gisements de sel gemme qui, par leur étendue et leur puissance, méritent le nom d'inépuisables. Il n'est pas exploité depuis longtemps par les Kabyles, à en juger du moins par le silence que gardent, sur ce produit des environs de Milah (2), tous les auteurs, depuis Ibn Haucal (xe siècle) jusqu'à Shaw inclusivement (1743). Au contraire, aussitôt que nous avons été en possession de Constantine (13 octobre 1837), tout le monde a vu et remarqué, sur le marché de cette ville, des blocs de sel gemme mis en vente, et tout le monde a su que ce sel venait des environs de

(1) Deux bouteilles de cette eau, rapportées à Alger, avaient encore conservé l'odeur d'hydrogène sulfuré, malgré la longueur du voyage. Analysées dans mon laboratoire, elles ont donné :

	Pour 1000 parties d'eau.
Eau.	996,659
Matières organiques. . . .	0,063
Sulfate de chaux.	1,868
Sulfate de magnésie.	0,087
Silice.	0,014
Carbonate de chaux. . . .	0,078
Carbonate de magnésie. .	0,045
Chlorure de calcium. . . .	0,249
Chlorure de magnesium. .	0,229
Chlorure de sodium. . . .	0,708
	1000,000

(2) On pourrait penser, au premier abord, que *Milah* tire son nom de *mèlah* (sel); mais l'origine romaine de cette ville ne permet pas cette supposition, et c'est ce qui n'a pas échappé à Léon l'Africain : « Le pays, dit-il, » est fort abondant, non-seulement en pommes, poires et » autres espèces de fruits (d'où je pense qu'il ait prins son

Milah. Mais on n'en avait pas su davantage jusqu'à ces derniers temps, et on ne connaissait pas même dans quelle direction le gisement se trouvait, par rapport à Milah, car on a imprimé qu'il était au sud de cette ville (1).

Les deux fractions des Ouled Kebbab, où se trouve l'exploitation, se nomment les Ouled Mohammed Ben Abdallah à l'ouest, et les Ouled Mohammed Ben Youssouf à l'est. C'est sur le versant nord de la montagne qu'on voit, creusés dans les marnes gypseuses qui descendent jusqu'à l'Oued el Kébir (l'ancien *Ampsaga*), une multitude de puits *a* (*Pl. VIII*, *fig.* 2) de 15 à 20^{m} de profondeur, dans lesquels on descend par une simple corde qui n'est pas même fixée à la partie supérieure, mais qu'un ou deux hommes retiennent en posant leurs pieds dessus (2). Rien de plus grossier que ces exploitations; arrivés dans la masse saline, les

---

» nom), mais en pain et chair (*a*). » L'itinéraire d'Antonin, qui place très-bien cette ville à 25 milles romains de Cirta, lui donne le nom de *Mileum*. La Table de Peutinger, que le savant Mannert a montré être du IIIe siècle et non du Ve comme on l'a cru pendant longtemps, la dénomme *Mileu*. Il est évident que ces dénominations viennent de μῆλον, *malum* (*pomme*, *fruit*).

(1) *Ann. des mines*, tome III, p. 71, 4e série, 1843.

(2) Les puits ne sont pas tout à fait verticaux (*Pl. VIII*, *fig.* 3). On laisse pendre, dans le puits, la corde retenue comme je viens de le dire; l'homme qui veut descendre la saisit un peu au-dessous de la margelle, qui est le sol même, et appuie ses pieds contre la paroi qui est devant lui. Quelques trous permettent de poser le bout du pied, mais les Kabyles n'ont pas même le soin de creuser ces trous sur toute la hauteur du puits.

(*a*) *Description d'Afrique*, par Jean Léon African; insérée dans le recueil intitulé *Description de l'Afrique, tierce partie du monde*. Liv. V, p. 268; in-folio, Lyon, 1556.

Kabyles fouillent le pied du puits, sans placer le moindre étai, et, lorsque les eaux ou quelque éboulement les chassent (1), ils abandonnent aussitôt le puits pour en foncer un nouveau à quelques pas plus loin, et ainsi de suite. Voilà comment le flanc nord de la couche a dû être à peine effleuré, quoique le versant de la montagne soit criblé de ces petits puits, qu'on observe à différents niveaux depuis le sommet de la montagne jusqu'à son pied qui forme, en ce point, la rive droite de l'Oued-el-Kébir. Jamais on ne manque d'atteindre le sel, d'où je conclus que la couche, qui paraît légèrement inclinée au S.-S.-E., a une énorme puissance, ou que plusieurs couches sont superposées les unes aux autres, et, dans ce cas, probablement séparées par des marnes gypseuses.

La petite carte *Pl. VIII, fig.* 5, marque l'emplacement de cette mine de sel gemme, autant que l'exactitude des cartes publiées en 1844 permet de le déterminer. Les lignes tracées en gras sont celles que j'ai suivies en juillet 1845 (2).

Il n'y a pas de propriétaires. Le Kabyle qui descend de ses montagnes pour creuser un puits est maître de tout ce qu'il en tire. Autrefois le kaïd de Milah percevait un douro (5 fr. 40 c.) par puits que l'on creusait. Les indigènes ont profité de notre présence pour se soustraire à cet impôt.

Le sel gemme que l'on tire des mines des Ouled Kebbab est blanc, gris et rouge. Voici la composition de deux de ces variétés :

---

(1) Tous les ans, des hommes surpris par les éboulements des marnes périssent dans ces misérables travaux.

(2) Voyez la note C, à la fin de ce mémoire, page 583.

Chlorure de sodium. . .	97,8	95,84
Chlorure de chaux. . .	»	0,90
Chlorure de magnésie.	1,1	0,53
Silice.	0,5	0,33
Eau.	0,6	2,40
	100,0	100,00

Les deux échantillons analysés étaient fibreux, à la manière de l'arragonite. Le sel rose était coloré par une petite quantité de fer dont l'analyse a pu faire reconnaître la présence sans pouvoir la doser.

Comme termes de comparaison, je donne ci-dessous, d'après M. Berthier (1), les analyses de plusieurs espèces de sel gemme de Vic (Meurthe) et de sel des marais salants de Marennes (Charente-Inférieure).

	SELS GEMMES DE VIC (anhydres).				SELS DE MARENNES (cristallisés).			
	Blanc	Demi-gris.	Gris.	Rouge.	Demi-blanc.	Jaune	Rouge.	Vert.
Muriate de soude. . .	99,3	97,8	90,3	99,8	97,2	96,70	96,78	96,27
Muriate de magnésie.	»	»	»	»	0,4	0,23	0.68	0,27
Sulfate de chaux. . .	0,5	0,3	5,0	»	1,2	1,21	1,09	1,09
Sulfate de soude. . .	»	»	2,0	»	»	»	»	»
Sulfate de magnésie.	»	»	»	»	0,5	0,66	0,60	0,80
Argile.	0,2	1,9	2,0	»	0,7	1,20	0,85	1,57
Peroxyde de fer. . .	»	»	»	»	»	»	»	»
Eau.	»	»	0,7	0,2	»	»	»	»
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00	100,00	100,00

On voit que le sel des Ouled Kebbab n'a rien à perdre à cette comparaison.

(1) Annales des mines, 1re série, tome X, p. 259.

Les Kabyles vendent leur sel sur place, 4 fr. la charge d'un mulet, ou environ cent kilogrammes : on le transporte à Constantine, à Sétif, et dans toute la partie montagneuse de la Kabylie, comprise entre Djigelly et Stora. M. Sade, lieutenant du génie, adjoint au chargé des affaires arabes à Constantine, avait proposé de s'emparer de ces mines de sel pour soumettre les Kabyles de ces montagnes, les privant ainsi d'un produit de première nécessité, absolument comme quand on détourne un ruisseau pour forcer à se rendre les assiégés qu'il alimente.

Nous verrons plus loin que les Kabyles auraient pu, avec quelques transports, s'approvisionner aux salines qui existent entre Bougie et Sétif.

Un échantillon de sel gris impur de la mine des Ouled Kebbab s'est trouvé composé de la manière suivante :

Chlorure de sodium. . . .	70,0
Chlorure de magnésie. . .	5,4
Chlorure de chaux.	1,6
Sulfate de chaux.	10,4
Sulfate de magnésie. . . .	2,0
Carbonate de chaux. . . .	3,6
Carbonate de magnésie. .	2,8
Oxyde de fer.	1,2
Silice.	0,6
Eau.	2,4
	100,0

Il était recouvert d'une légère couche de sulfate de chaux terreux (Voir la composition de l'eau minérale ci-dessous, p. 553).

En s'avançant de ce groupe de puits vers le S.-E., on atteint des bancs de gypse dont les uns sont intacts, dont les autres (un peu plus au Sud) sont

exploités pour les constructions de Milah; et bientôt on entre dans des calcaires au milieu desquels sont intercalées des bandes de quartz noir qui ont 0m,10 d'épaisseur. En tirant vers le Djebel M'jada (1), on voit sortir au S.-O. de cette montagne, et sur la rive droite de l'Oued Bou Hammam, une source A, légèrement sulfureuse, dont la température est d'environ 40° (2). Le bassin carré qui la renferme est de construction romaine.

Sur la route que j'ai suivie pour venir de Milah aux mines de sel gemme des Ouled Kebbab, se trouve le marabout de Sidi l'Achdar Ben Zabouchi, qui domine la rive gauche de l'Oued Temda, ruisseau assez profondément encaissé en ce point, et qui, dans son cours, fait marcher dix-huit moulins. A la source de ce ruisseau, qui s'appelle Ras Choura (la carte nomme cette source Kef Tazerout), l'eau est douce et bonne; elle est

(1) Au sommet de cette montagne, on voit un marabout élevé en mémoire d'une sainte femme.

(2) L'eau de cette source a donné :

	Pour 1000 parties d'eau.
Eau	997,091
Sulfate de chaux	2,025
Sulfate de magnésie	0,051
Silice et sable en suspension	0,012
Carbonate de chaux	0,043
Carbonate de magnésie	0,130
Chlorure de calcium	0,033
Chlorure de magnésium	0,282
Chlorure de sodium	0,333
	1000,000

Composition qui a de l'analogie avec celle que j'ai donnée page 548.

déjà salée quand elle arrive au marabout. Je note ces circonstances, qui se reproduisent à chaque pas en Algérie, parce qu'ici elles empruntent une certaine importance de l'assurance qui m'a été donnée par les Arabes qu'on avait autrefois extrait du sel auprès du marabout de Sidi l'Achdar Ben Zabouchi. Comme, d'ailleurs, ce marabout est bâti sur les mêmes marnes gypseuses qui se prolongent sans interruption jusqu'au pays des Ouled Kebbab, il n'y aurait rien d'extraordinaire à ce que ce renseignement fût exact, et on en peut conclure avec vraisemblance que le gisement de sel gemme a une grande étendue en même temps qu'il a une grande puissance.

Les mêmes marnes occupent une longue bande que l'on suit presque sans interruption entre Milah et Constantine, et si l'on ajoute que, dans le Chettabah, on exploite, au milieu des marnes, du plâtre qui se consomme à Constantine, et que de ces montagnes descend un Oued el Mèlah (un ruisseau salé) qui vient se jeter dans le Rummel près du pont construit en aval de Constantine, on est autorisé à admettre que des recherches de sel gemme, faites à l'O.-S.-O. de cette ville, auraient une certaine chance de succès.

Sebkha du K'ssar. *Lac salé.* Le Sebkha du K'ssar, chez les Kabyles de la rive droite de l'Oued Sahel, près de deux villages qui portent ce nom, fournit du sel aux tribus voisines. Lorsque le soleil a fait évaporer les eaux d'hiver, il reste une croûte de sel assez épaisse pour être susceptible d'être brisée en grosses pierres; c'est sous cette forme que le sel est livré au commerce par les Kabyles de cette localité qui, de temps immémorial, considèrent le Sebkha du K'ssar comme leur propriété, et c'est comme pro-

priétaires que, sous le gouvernement des deys, ils ne payaient d'autre redevance que la fourniture du sel nécessaire aux troupes turques qui parcouraient la route d'Alger à Constantine.

Au sud du pâté de montagnes qui est à l'ouest de Bougie, un immense lac salé s'étend de l'est à l'ouest, partie dans la province de Constantine, partie dans la province d'Alger, où il s'avance jusqu'au delà de M'sila pour se recourber au Sud et descendre vers Bouçada. On le nomme Sebkha el Saïda; il se trouve à l'est du pays qu'on nomme l'Hedma ou l'Hedna. Sa longueur, de l'est à l'ouest, n'est pas moindre de 15 à 18 lieues (comme le lac de Genève), sur une largeur moyenne de 3 lieues. L'évaporation naturelle de ses eaux procure aux pauvres habitants des tribus de l'Hedma des masses de sel qu'ils vont colporter au loin. Comme ils n'ont qu'à briser et ramasser le sel, et que l'exploitation, si on peut donner ce nom à un pareil travail, s'étend sur près de 40 lieues de rivage, aucune surveillance, à aucune époque, n'a été exercée sur ce commerce. **Sebkha el Saïda.** ***Lac salé.***

PROVINCE D'ALGER.

Pendant le séjour que j'ai fait à Bougie en octobre 1843, je me suis procuré (1) une bouteille d'eau d'une source exploitée par les Kabyles de la tribu des Beni Mèlah (fils du sel), tribu située **Montagnes de Bougie.** ***Source salée des Beni Mèlah.***

(1) Dans l'impossibilité où l'on était alors, et où l'on est encore aujourd'hui, de voyager autour de Bougie, j'ai envoyé un indigène me chercher cette eau, ainsi que des minerais de fer que traitent quelques tribus kabyles des montagnes voisines de Bougie, les *Barbacha* (S.-S.-E. de Bougie) et les *Beni Sliman* (S.-E. de Bougie).

près de la rive gauche de l'Oued Amassin, sur la route de Bougie à Sétif, et à 10 lieues environ de la mer. Cette eau n'était pas parfaitement limpide, elle contenait beaucoup de flocons, noirs ou gris, de matière organique. Sa saveur très-saumâtre indiquait qu'elle devait contenir une grande quantité de muriate de soude. A peine a-t-on commencé à l'évaporer, qu'elle s'est couverte d'une pellicule de sel qui a augmenté rapidement. Son analyse a donné :

	Pour 1000 parties d'eau.
Eau.	803,7254
Chlorure de sodium. . . .	192,4130
Chlorure de magnésium.	1,2905
Chlorure de calcium. . .	0,1224
Sulfate de chaux.	1.6816
Sulfate de magnésie. . . .	0,2425
Carbonate de chaux. . .	0,1565
Carbonate de magnésie. .	0,0289
Silice.	0,0392
	1000,0000

Ainsi, 1.000 parties de cette eau contiennent :

Muriate de soude.	192,4130
Autres sels.	3,8616
	196,2746

100 parties du sel obtenu par l'évaporation de cette eau contiendraient :

Muriate de soude.	98,0327
Autres sels.	1,9673
	100,0000

ou d'une manière plus détaillée :

Muriate de soude.	98,0327
Muriate de magnésie. . .	0,6575
Muriate de chaux.	0,2152
Sulfate de chaux.	0,85673
Sulfate de magnésie. . . .	0,1235
Carbonate de chaux. . . .	0,0797
Carbonate de magnésie. .	0,0147
Silice.	0,01997
	100,00000

On voit encore ici que la qualité de ce sel peut soutenir la comparaison avec la qualité des sels de France dont j'ai donné la composition page 551. Il paraît, du reste, que les Kabyles traitent les eaux, pour en retirer le sel, par un procédé analogue à celui que je vais indiquer tout à l'heure.

Avant de quitter les environs de Bougie, je dirai qu'on cite aussi, dans ces montagnes, l'exploitation de sources abondantes chez les *Ouled Messissena* et chez les *Beni Mohali*, tribus qui sont plus près de Sétif que de Bougie, mais sur la ligne que devrait suivre la route qui joindrait ces deux villes distantes d'environ 28 lieues (1).

Massif du Ouennougah.

A 14 lieues O. N. O. de M'Sila, on rencontre, sur la rive gauche de l'Oued Targa, un village assez considérable auquel sa position a évidemment fait donner le nom de *Casbah*. En effet, ce village est situé au sommet d'un rocher élevé qui se rattache au Djebel Serrar, l'un des chaînons principaux du massif de l'Ouennougha. Dans les ravins qui sont au pied de Casbah, coule un ruis-

Source salée de Casbah.

(1) L'*Itinéraire d'Antonin* donne 79 milles ou 26 lieues $\frac{1}{2}$ (lieues communes de France), ou 29 lieues $\frac{1}{4}$ (lieues de 4.000 mètres). Un travail manuscrit très-intéressant, fait, sur renseignements, par M. le capitaine Richard, donne 29 lieues.

seau salé à un très-fort degré, dont les eaux sont conduites par les Kabyles dans de petits compartiments quadrangulaires disposés de manière à favoriser l'évaporation. Ils obtiennent ainsi une assez grande quantité de sel pour en faire un article de commerce. Cette industrie, considérée comme la propriété des Beni Ilman, habitants de Casbah, n'a jamais été astreinte à aucune redevance.

Casbah, comme on voit, n'est pas éloigné du Sebkha El Saïda. En général, le sel est très-commun dans cette partie de la province d'Alger, et bien que les Arabes en consomment beaucoup, il est à très-bas prix sur les marchés.

Djebel Sahari.

Montagne de sel.

Quand on part de Médéah, et qu'on s'avance au sud, on traverse, pendant quelques lieues, les terrains tertiaires qui ne paraissent pas s'étendre au delà de Berouaghia (1), et on entre alors, dans les terrains crétacés qui là, comme au sud de Constantine, occupent un immense espace. Ce sont les mêmes caractères, les mêmes fossiles, et, chose remarquable, c'est exactement à la même latitude que se trouvent les *Hemipneustes* (voyez page 545). C'est aussi exactement à la même distance au sud de ces fossiles que se trouve, dans le Djebel Sahari, une montagne de sel (Djebel Mèlah) identique à celle de la plaine d'Outhaïa. Il faudrait, pour la décrire géologiquement, répéter ici mot à mot ce que j'ai dit de cette dernière. Ce sont les mêmes marnes gypseuses diversement colorées des mêmes nuances, c'est le même désordre. La montagne qui dépend du Sahari est

(1) Je n'entends pas dire par là qu'il ne s'en trouve plus vers le sud. Je sais le contraire.

seulement plus isolée; elle a environ une lieue de tour et 200 mètres de hauteur. Au milieu des roches qui la constituent, on trouve, abondamment répandu en paillettes d'un noir très-brillant, le *fer titané*, que je n'ai pas observé près d'Outhaïa, et des cristaux de *fer sulfuré*.

Les flancs déchirés de la montagne, couverts d'éboulements, sont presque partout taillés à pic, ce qui rend son accès difficile, particulièrement sur son versant méridional, dont le pied est baigné par un large ruisseau (l'Oued Mèlah) qui mine incessamment sa base. D'un assez grand nombre de points de cette montagne on voit jaillir des sources plus ou moins abondantes dont les eaux sont, comme on doit s'y attendre, complétement saturées. Elles sont d'une limpidité parfaite et déposent, sur les bords de leur lit, des croûtes salines très-blanches qui souvent vont d'un bord à l'autre en formant une espèce de pont. Un fragment d'une de ces croûtes, soumis à l'analyse, a donné:

Chlorure de sodium. . .	93,79
Chlorure de magnésium.	1,66
Chlorure de calcium. .	1,08
Sulfate de chaux. . . .	1,77
Silice.	0,50
Eau.	1,20
	100,00

Quelques-unes de ces sources sortent des fissures de la roche; les autres débordent de grands puits arrondis dont la largeur a, parfois, de 4 à 5^{m}. Ces puits, dont on ne peut mesurer la profondeur, se rencontrent à chaque pas dans toute l'étendue de la montagne et jusque sur ses points les plus élevés; mais la plupart sont aujourd'hui taris.

Leur forme est cylindrique; leurs parois, incrustées d'une épaisse couche de sel, sont rayées de cannelures verticales très-droites. Tous s'enfoncent à une profondeur inconnue.

Toutes les sources dont je viens de parler vont déverser leurs eaux dans l'Oued Mèlah, et il en résulte que l'eau de ce ruisseau, qui est d'une qualité excellente dans la presque totalité de son cours, n'est plus du tout potable au moment où il arrive à côtoyer le Djebel Mèlah.

Lac Zagrez. L'Oued Mèlah et une multitude d'autres ruisseaux vont se jeter dans un vaste lac qu'on nomme *Zagrez* ou *Zâr'ez*, et qui se trouve à 5 kilom. environ de la montagne de sel (voyez la carte *Pl. VIII, fig.* 6). De loin, il présente, à s'y méprendre, l'aspect d'une grande nappe d'eau. En avril 1844, le lac Zagrez, qui n'a pas moins de douze lieues de longueur, était uniquement formé d'une immense croûte de sel dont la surface, polie comme une glace, avait produit, de loin, l'illusion complète d'une nappe d'eau. Un fragment détaché du bord s'est trouvé composé de la manière suivante (1) :

Chlorure de sodium. . .	94,13
Chlorure de magnésium.	1,66
Chlorure de calcium. . .	1,08
Sulfate de chaux. . . .	1,23
Silice.	0,50
Eau.	1,40
	100,00

Il y a une identité presque complète entre ce ré-

(1) Je dois à M. le commandant de Linières cet échantillon et celui dont j'ai donné l'analyse page 559. Je dois aussi à cet officier et à M. Bonduel, chirurgien aide-

sultat et celui que j'ai donné page 559, ce qui au fond n'a rien que de tout simple, puisque le sel du lac n'est autre que du sel enlevé à la montagne.

La croûte, d'abord très-mince au bord, devenait bientôt assez forte pour supporter, sans se briser, le poids des chevaux. Plus loin, elle présentait déjà une épaisseur de 0m,33, et cette épaisseur croissant toujours était de 0m,70 vers les parties centrales du lac. Dans toute l'étendue de la masse, ce sel, entièrement exempt de matières étrangères, est d'une blancheur parfaite et de très-bonne qualité. Le lac Zagrez, ai-je dit, a au moins douze lieues de longueur, sa largeur moyenne peut être estimée à deux lieues; si l'on suppose que, dans toute son étendue, l'épaisseur moyenne du sel est de 0m,33, on aurait là 127 millions de mètres cubes de sel, plus de 2 milliards et demi de quintaux métriques, n'exigeant, pour être enlevés, aucun travail d'aucune espèce. Dans ce calcul je ne comprends pas la montagne, et certainement les chiffres dont je me sers sont au-dessous de la vérité, mais ce qui n'est que trop complétement exact, c'est la distance de ce dépôt à la mer. Il se trouve sous la même latitude que la montagne de sel gemme d'Outhaïa.

---

major, les détails qu'on vient de lire sur le lac Zagrez et sur la montagne de sel gemme qui l'avoisine.

L'expédition dans laquelle ces gisements ont été reconnus se faisait en mars 1844, en même temps que l'expédition de Biskra, que j'avais suivie.

PROVINCE D'ORAN.

Oued Megan. Source salée. Entre Tenez et Mostaganem, à moins d'une journée de la première de ces deux villes, coule l'*Oued Megan* que les circonstances ne m'ont pas encore permis de visiter, mais où j'ai envoyé un Arabe qui m'a rapporté une bouteille des eaux de ce ruisseau. Elles se sont trouvées complétement saturées.

Cette saturation, la présence de grandes masses de gypse dans le voisinage, autorisent à supposer que la source de l'Oued Megan sort de terre à une faible distance de quelque dépôt de sel gemme. L'association si constante du muriate de soude et du sulfate de chaux a été remarquée depuis longtemps; elle se présente, en Afrique, avec une permanence qui ajoute encore à la généralité de cette observation.

Salines d'Arzew. A quatre lieues au S. S. E. d'Arzew-le-Port, se trouve le lac el Mèlah, plus généralement connu et désigné depuis longtemps (1) sous le nom de *salines d'Arzew*, parce que ce lac, analogue à tous ceux dont j'ai déjà parlé dans ce mémoire, fournit du sel en abondance aussitôt que l'évaporation naturelle des eaux permet de le recueillir. Ce lac, entouré de collines, et dont les eaux n'ont pas d'écoulement, a la forme d'un triangle dont la base, qui a une lieue de longueur, est du côté de la mer et parallèle au rivage; la hauteur du triangle, ou la longueur du lac, est de trois lieues, et les eaux du Tlélat viennent se déverser à son

(1) *Voyages* de M. Shaw *dans plusieurs provinces de la Barbarie et du Levant*, t. I, p. 39 et 297; in-4, La Haye, 1743.

sommet. Avec les sinuosités et l'irrégularité des côtés du triangle, on peut estimer que sa surface est d'environ deux lieues carrées, et qu'il présente une superficie de 30 à 40 millions de mètres carrés. L'épaisseur moyenne du sel ne m'est pas connue.

L'exploitation commence aussitôt que les eaux sont évaporées; elle n'a de limite que les moyens de transport, très-faibles jusqu'à ce jour, puisqu'ils se réduisent aux bêtes de somme des Arabes. En général, on peut extraire du sel pendant six mois; et une compagnie songe à établir un chemin de fer avec locomotives, de manière à enlever, dans ces six mois, la plus grande masse de sel possible. C'est une question à étudier, question dans laquelle on doit, suivant moi, introduire, comme élément important, la découverte probable d'un gisement de sel gemme dans le voisinage. Il résulterait de cette découverte la possibilité d'exploiter toute l'année et d'exécuter les transports par des voitures ordinaires. Mais ce n'est pas ici le lieu de discuter les éléments de ce problème d'industrie ; je l'indique en passant comme exemple assez curieux d'une application tout à fait directe des considérations géologiques à une opération commerciale. Nul doute, dans tous les cas, que les *salines d'Arzew* ne puissent fournir annuellement des quantités de sel considérables ; nul doute que le port d'Arzew (*portus Deorum* (1) des anciens) soit un des meilleurs ports de la côte

---

(1) Strabon, *Géographie*, liv. XVII, chap. 9, t. V, p. 464 ; in-4, de l'imprimerie Royale, 1819. — Claudii Ptolemæi Alexandrini, *Geographiæ libri octo*, lib. III, cap. 2, p. 94 ; in-folio, Amsterodammi, 1605.

algérienne, et que ces deux faits, joints à la proximité du port et des salines, constituent un ensemble de circonstances favorables qui devait fixer l'attention du gouvernement.

Lorsqu'en juin 1785, Desfontaines se rendait de Mascara à la rive gauche de la Mina, il tirait au N. E. et passa non loin d'un village qu'il appelle *Caleah* (*Calaa* de nos cartes). « J'appris, dit» il, qu'à quelques lieues de Caleah il y avait un » très-grand lac de sel comme celui d'Arzew (1). » Je connais bien, à l'est de Calaa, un affluent de la Mina qui porte le nom d'*Oued Mèlah*, mais je n'ai pu, jusqu'à présent, obtenir aucune vérification du fait indiqué par Desfontaines.

Rio Salado. On apporte à Tlemcen de gros morceaux de sel qui proviennent d'un point du territoire des Beni Ahmer plus ou moins voisin de la rive gauche du *Rio Salado* (2). Il serait possible que la salure de cette rivière fût due au dépôt d'où provient le sel qu'on apporte à Tlemcen, dépôt qui serait voisin de la source du Rio Salado, si ce que Shaw en dit est exact (3).

Chott el Chergui. Grand Sebkha. Chott el Gharbi. Je n'ai encore aucun renseignement sur cet immense *chott el Chergui* qui se trouve au sud du golfe d'Arzew, et qui n'a pas moins de 45 lieues de longueur. J'ignore si ses eaux sont simplement saumâtres comme celles du *grand Sebkha* qu'on voit au sud et près d'Oran, et sur la rive septentrionale duquel est Mezerguin, ou bien si elles

(1) Peyssonnel et Desfontaines, *Voyages dans les régences de Tunis et d'Alger*, t. II, p. 195; in-8, Paris, 1838.

(2) C'est le *Salsum flumen* de l'Itinéraire d'Antonin.

(3) *Voyages* de M. Shaw *dans plusieurs provinces de la Barbarie et du Levant*, t. I, p. 28; in-4, La Haye, 1743.

déposent du sel exploitable. Par la même raison, je ne parlerai pas du *chott el Gharbi* ni de beaucoup d'autres.

Telle est, pour me borner aux points que je connais avec certitude, l'énumération que je puis faire aujourd'hui des gîtes salifères de l'Algérie. Ce travail est loin, sans doute, d'être complet; je demande qu'on me tienne compte des difficultés au milieu desquelles mes explorations s'accomplissent.

Zone septentrionale.

Il résulte de tout ce qui précède que l'Algérie renferme, comme je l'ai dit en commençant, des masses énormes de muriate de soude, et qu'elle présente comme deux zones salifères, l'une dans l'intérieur, l'autre plus rapprochée de la mer. Cette dernière zone, à laquelle je puis donner le nom de *zone salifère septentrionale*, comprendrait les salines de la rive gauche du Rio Salado, le grand Sebkha d'Oran, les salines d'Arzew, l'Oued Megan, les sources salées exploitées par plusieurs tribus entre Bougie et Sétif, les masses de sel gemme des Ouled Kebbab près de Milah, le lac Fetzarah dont l'eau est saumâtre, et l'Oued Mèlah de la Seybouse.

Par cette zone, l'Algérie semble donc destinée à faire un jour un commerce considérable de sel vers le nord, et on comprend dès aujourd'hui comment il pourrait arriver qu'à une époque peu éloignée, les salines d'Arzew, les sources de l'Oued Megan, celles des montagnes voisines de Bougie, les mines des Ouled Kebbab, recevant une activité autre que celle qu'elles ont eue entre les mains des Kabyles, envoyassent leurs produits aux ports les plus voisins, et comment, par suite, Arzew, Tenez, Bougie et Djigelli deviendraient

quatre entrepôts où nos navires seraient toujours assurés d'un chargement de sel.

Zone moyenne. Une ligne passant par le Chott el Gharbi, par le Chott el Chergui, le lac Zagrez (y compris la montagne de sel gemme du Djebel Sahri), le grand Sebkha el Saïda (y compris les sources salées de Casbah), les lacs saumâtres que traverse la route de Constantine à Batnah, et le Djebel Guelb, forme ce que j'appellerai la *zone salifère moyenne*. Cette ligne prolongée va rencontrer le lac salé exploité depuis des siècles auprès de Tunis (1), et traverse les gisements de sel gemme de la Sicile (2). On remarquera que la seconde zone est sensiblement parallèle à la première, et que la ligne qui passe par son axe est dirigée de l'O. 16 à 18° S., à l'E. 16 à 18° N., c'est-à-dire précisément comme la ligne de soulèvement de la chaîne principale des Alpes.

Zone méridionale. Mais ce n'est pas tout. Si l'on veut bien suivre un instant, non plus les observations que j'ai été à même de faire, mais les indications que nous donnent des auteurs respectables, indications pour la plupart, d'ailleurs, vérifiées par les voyages modernes et par les renseignements les plus récents, on verra qu'indépendamment des deux zones salifères que je viens de décrire, il en existe une troisième, parallèle aux deux autres, et à

(1) Ce lac, qui ne communique pas avec la mer, est situé à 12 kilomètres N.-N.-E. de Tunis. Avant l'occupation française tout le sel que les petits bâtiments apportaient sur les différents points de la côte barbaresque, depuis Tabarka jusqu'à Alger, provenait de ce lac qui produit le sel par l'évaporation naturelle des eaux dont il se remplit en hiver.

(2) Voyez la NOTE D, à la fin de ce mémoire, page 585.

laquelle on peut donner le nom de *zone salifère méridionale* ou *zone saharienne*. La direction de cette troisième zone est de suite déterminée sur les cartes de l'Afrique, par une ligne tirée de la mer Morte aux îles du cap Vert.

Mer Morte.

Je n'entrerai ici dans aucun détail sur la mer Morte (1), immense amas d'eau saturée de sel, entouré de montagnes où le sel gemme abonde. Je m'avancerai de suite au S.-O. en prenant pour guide, au moins pour une partie de la route, celui qu'on appelle si souvent le père de l'histoire et qu'on pourrait bien appeler aussi le père de la géographie.

« Au delà de la partie de la Libye qui nourrit » les bêtes féroces, dit Hérodote, est une vaste » ceinture de sables qui s'étend de Thèbes en » Égypte jusqu'aux colonnes d'Hercule. De dix » jours en dix jours de marche au milieu de ces » sables, on rencontre des tertres couverts de mon» ceaux de sel en gros fragments..... La première des nations qu'on rencontre, à peu près à dix journées de marche (2) de Thèbes, est celle des Ammoniens (3).

Siwah (ou Syouah).

Hérodote, se contentant sans doute de ce qu'il vient de dire quelques lignes plus haut, n'indique

(1) Je le ferai d'autant moins que j'ai rédigé, depuis plusieurs années, un mémoire où j'ai rassemblé tout ce qui est connu sur cette localité remarquable, et que je n'attends qu'un instant de loisir pour publier ce travail.

(2) Hérodote a évidemment oublié une station et devrait dire vingt journées de marche. On retrouve d'autres erreurs de ce genre dans son récit; il est bien clair, d'ailleurs, qu'il ne faut pas prendre au pied de la lettre la régularité qu'il indique de dix journées en dix journées.

(3) *Histoire*, liv. IV, chap. 181, t. II, p. 127 de la traduction de A. F. Miot; in-8, Paris, 1821.

pas spécialement de sel sur ce point; mais, après que deux voyageurs (Brown et Hornemann) eurent constaté que l'Ammonium des anciens était bien le Siwa ou Syouah marqué sur nos cartes, un troisième, le général Minutoli, a donné sur cette localité célèbre tous les détails qui peuvent intéresser les archéologues et les naturalistes. « A côté » de l'oasis, dit-il (1), la nature a établi *un grand* » *magasin de sel*. Des masses considérables s'en » détachent tous les jours; il y a des endroits qui, » dans l'espace d'une demi-lieue, sont tellement » couverts de sel, qu'ils ressemblent à un champ » de glace, et au milieu de ces couches salsugi- » neuses jaillissent quelquefois des sources d'eau » douce (2). Le sel, qui est très-bon, était déjà re- » gardé anciennement comme plus pur et plus sacré » que tout autre. Chaque année, à un jour fixe, le » même jour où la caravane part pour la Mecque, » les habitants font leur récolte de sel. L'analyse » chimique de ce minéral, faite par M. John, en » a confirmé la bonté. »

Laissons maintenant Hérodote reprendre l'itinéraire de sa caravane:

Augila. « Après avoir dépassé les Ammoniens, dit-il, à » dix journées de marche de distance, on ren- » contre, dans cette même enceinte de sables, un » *tertre de sel* semblable à celui des Ammoniens, » et de l'eau, près de laquelle sont des habitations. » Cette contrée porte le nom d'*Augila* (3). »

---

(1) Cité par Heeren (*De la Politique et du Commerce des peuples de l'antiquité*, t. IV, p. 236 et 237; in-8, Paris, 1832).

(2) Le même fait se lit mot à mot dans Hérodote.

(3) *Histoire*, liv. IV, chap. 182, t. II, p. 128.

Les relations modernes (1) s'accordent avec ces renseignements d'Hérodote :

« A partir d'Augila, et encore après 10 journées » de marche, se trouve un nouveau *tertre de sel*, » de l'eau et un très-grand nombre de palmiers » qui portent des fruits, comme dans les autres » contrées que je viens de décrire. Le peuple qui » habite celle-ci porte le nom de *Garamantes*, na- » tion forte et nombreuse (2). » **Mafen.**

On sait que les géographes s'accordent à voir dans le *Fezzan* le pays des antiques Garamantes. Hornemann et Lyon sont encore les voyageurs qui ont pénétré dans cette grande oasis, et Lyon dit que c'est dans le voisinage de Zuila qu'on voit le *grand champ de sel de Mafen*, qui occupe un espace de 7 lieues de l'ouest à l'est (3).

« A 10 journées de marche des Garamantes, » continue Hérodote (4), on trouve un autre *tertre* » *de sel*, de l'eau, et la peuplade des *Atarantes*. » C'est la seule du monde, à ma connaissance, » dont les individus ne soient pas distingués par » un nom propre. » **Tegherhy.**

Il est fort remarquable, assurément, que Léon l'Africain parle des habitants du royaume de Bornou ou Borgou (pays au sud du Fezzan), dans les termes suivants : « Et (comme il me fut dit par un » marchant qui séjourna longuement en ce païs, » et qui entendoit bien la langue) ils ne s'impo- » sent propre nom selon la coutume des autres

(1) *Proceedings of the African society*, t. I, p. 289.
(2) *Histoire*, liv. IV, chap. 183, t. II, p. 128.
(3) *Narrative*, p. 157. — Heeren, *De la Politique et du Commerce des peuples de l'antiquité*, t. IV, p. 247.
(4) *Histoire*, liv. IV, chap. 184, t. II, p. 129.

» peuples, mais selon la qualité des person-» nes (1). » Léon lui-même séjourna un mois dans ce royaume (2).

Il résulte de ce rapprochement et de ceux qu'on peut faire entre les distances données par Hérodote, et celles données par Lyon, qui a visité le Bornou, que la station en question est *Tegherhy*, point situé à la limite du Fezzan et du Bournou, point où l'on cesse de parler l'arabe, et où la langue des noirs commence à être usitée. Lyon n'y cite pas de sel, mais une source salée. La latitude de Tegherhy serait 24°4′ (3).

Bilma. « Plus loin, dit encore Hérodote, et toujours à » 10 journées de marche, un autre *tertre de* » *sel* se présente et donne de l'eau ; les environs » en sont également habités. Près de ce dernier » est la montagne à laquelle on a donné le nom » d'*Atlas*, et dont les habitants se nomment *At-* » *lantes* (4). »

Sans s'arrêter ici à l'erreur évidente commise relativement à l'Atlas, dont la position ne fut reconnue que beaucoup plus tard par l'historien Polybe (5), les distances données par Hérodote portent vers *Bilma*, ce qu'il appelle les Atlantes. D'après les renseignements recueillis par Lyon, la contrée

(1) *Description d'Afrique*, par Iean Léon African, liv. VII, p. 330 du recueil intitulé *Description de l'Afrique, tierce partie du monde*; in-folio, Lyon, 1556.

(2) *Ibid. ibid.*, p. 331.

(3) Heeren, *De la Politique*, etc., t. IV, p. 263 et 264.

(4) *Histoire*, liv. IV, chap. 184, t. II, p. 129.

(5) « Scipione Æmiliano res in Africa gerente, » dit Pline (*Historiæ naturalis* lib. V, cap. 1, t. II, p. 430; in-4, Paris, 1771). Ce fut donc à peu près de 130 à 140 A. J. C.

de Bilma est très-montagneuse et présente des pics fort élevés. Cette ville est le grand marché du sel pour la Nigritie; tous les ans, 30.000 charges de chameaux sont portées de ces salines, par les Touaregs, au Soudan (1).

Du reste, il est évident qu'Hérodote arrive ici à la limite de ses connaissances sur l'intérieur de l'Afrique; son récit perd sa netteté habituelle; aussi ce grand géographe se hâte-t-il d'ajouter : « Je » viens de rapporter les noms des nations, y com- » pris celle des Atlantes, qui vivent dans la cein- » ture des sables dont j'ai parlé; mais je ne puis » pas les donner pour celles qui sont au delà. Je sais » seulement que cette ceinture s'étend jusqu'aux » colonnes d'Hercule, et même plus loin; enfin » que l'on y trouve toujours des mines de sel, de » 10 jours en 10 jours de marche : les habitants » s'y construisent des maisons avec des fragments » de sel (2); ce qui prouve que, dans cette partie » de la Libye, il ne tombe jamais d'eau du ciel, » car ces murs ne pourraient subsister s'il venait à » pleuvoir. La couleur du sel que l'on tire du sein » de la terre est tantôt blanche, tantôt rouge (3). »

Ces derniers mots prouvent qu'Hérodote entend bien parler de mines de sel gemme, et si l'on retranche la régularité des dépôts espacés de 10 jours de marche, régularité que les renseigne-

---

(1) Heeren, t. IV, p. 267 et 268. — Maltebrun, *Géographie universelle*, t. I, p. 238; in-8, Paris, 1836.

(2) Pline parle des *Hammanientes*, distants de douze journées de marche à l'ouest des grandes Syrtes. Ils se construisent, dit-il, des maisons avec le sel taillé dans leurs montagnes, comme nous taillons la pierre (*Historiæ naturalis* lib. V, cap. 5, t. II, p. 462; in-4, Paris, 1771).

(3) *Histoire*, liv. IV, chap. 185, t. II, p. 130.

ments ultérieurs n'ont pas confirmée, on voit combien ce récit est généralement fidèle, et qu'on peut, avec quelque sécurité, s'appuyer sur lui. Il nous reste à compléter notre ligne en puisant à d'autres sources.

Tegazza. Lorsqu'en 1455, le Vénitien Alouys de Cademoste fit son premier voyage sur la côte occidentale d'Afrique, il recueillit des renseignements sur l'intérieur du pays, et, dans son récit, il donne de nombreux détails sur les mines de sel gemme de *Tegazza*, sur le transport du sel à Tombut et à Melli (1). Il place Tegazza à 12 journées de la côte, en passant par Hoden (Ouadân), qui serait, suivant lui, à moitié route; il compte 40 journées de cheval de Tegazza à Tombut, et 30 de Tombut à Melli. Il confirme, pour le dire en passant, le commerce muet qu'on révoquait en doute (2), malgré l'affirmation d'Hérodote (3).

Les 6 journées comptées de la côte à Hoden paraissent exactes; mais toutes les cartes, même celle de M. Carette, placent Tegazza à bien plus de 6 journées de Hoden. M. Renou explique (4) cet itinéraire de Cademoste, en *supposant* qu'il

(1) *Première Navigation* d'Alouys de Cademoste, comprise dans le recueil intitulé : *Description de l'Afrique, tierce partie du monde*, p. 412 et 413; in-folio, Lyon, 1556.

(2) Heeren avait déjà fait remarquer que deux voyageurs modernes, Höst (*a*) et Lyon (*b*), confirment complétement le langage d'Hérodote sur ce point (*De la Politique et du commerce des peuples de l'antiquité*, t. IV, p. 199 et 200; 1832).

(3) *Histoire*, liv. IV, chap. 96, t. II, p. 136 et 137.

(4) Page 347, aux *notes* qu'il a jointes à l'ouvrage de M. Carette, cité note (3) de la page suivante.

(*a*) Page 270.

(*b*) *Narrative*, p. 149.

y a, sur la route directe de Ouâdan à Timbektou, un second Tegazza où se trouve une seconde mine de sel. Il me paraît bien plus simple d'admettre, et il est, je crois, bien plus probable, que Cademoste a transmis un renseignement inexact sur la distance de Hoden à Tegazza. On ne doit pas s'étonner, d'après ce qui sera dit plus bas sur le prix du sel à Timbektou, de voir les caravanes se résoudre à un grand détour, pour faire un chargement de sel pour le Soudan.

Léon l'Africain, qui avait séjourné 3 jours à la station qu'il nomme *Tegazza*, dit qu'il se trouve là : « Plusieurs veines de sel, qui semble marbre, » qu'on tire d'aucunes cavernes......, puis on le » transporte à Tombut, là où il est en grande re- » commandation, dont la charge de chacun cha- » meau est de 4 tables ou platines de sel (1). » Plus loin, en parlant du sel transporté dans le pays des noirs, il ajoute : « Qu'il s'en trouve » de gris, de blanc et de rouge (2). »

C'est évidemment le même gisement que M. Carette désigne par le nom de *Tr'aza*, et qu'il place à 21°30' de latitude nord sur la carte qu'il a fait dresser pour son intéressant recueil de renseignements puisés à des sources vivantes (3). On trouve aussi *Tegaza* sous le 21° parallèle dans la carte grossière que Jean Temporal a jointe à son

---

(1) *Description d'Afrique*, liv. VI, p. 319; in-folio, Lyon, 1556. On sait que Léon l'Africain a daté son ouvrage du 10 mars 1526.

(2) *Description d'Afrique*, par Léon l'Africain, liv. IX, p. 389; in-folio, Lyon, 1556.

(3) *Recherches sur la géographie et le commerce de l'Algérie méridionale*, par E. Carette; in-8, de l'imprimerie Royale, 1844.

édition de Léon l'Africain donnée en 1556. Heeren le place de même sur la carte qui accompagne le volume que j'ai souvent cité, et qu'il a publié en 1832.

Taoudeni. René Caillié, parti de Timbektou pour se rendre à Tafilet, apprit, en passant aux puits de Télig (Tlir'), le 27 mai 1828, après 23 journées de marche, qu'il se trouvait à une petite distance d'importantes mines de sel. « Plusieurs personnes » (de la caravane) allèrent, dit-il, à *Toudeyni* » (Taoudeni), qui se trouve, selon les gens de la » caravane, à moins d'une demi-journée à l'ouest » des puits de Télig. C'est de cette petite ville que » l'on tire tous les sels qui s'importent à Tem- » boctou, à Jenné (Djenné), et de cette ville dans » tout le Soudan. Les mines de sel, m'a-t-on dit, » y sont à 3 pieds 1/2 ou 4 pieds de profondeur » au-dessous du sol, et par couches très-épaisses : » on le tire par blocs, puis on le scie en planches, » dans les dimensions propres au chargement des » bêtes de somme (1). »

M. Carette place Taoudeni, 1° au S.-S.-E. de Tr'âza.

Datt. M. le colonel Daumas qui, en suivant le mode d'interrogation employé par M. Carette, a publié un travail analogue, indique, sous le 28e parallèle, une mine de sel que les Arabes lui ont désignée sous le nom de *Datt*. Cette station se trouverait ainsi à plus de 162 lieues au nord de Tegaza ; elle se trouverait, au moyen d'un détour, sur la route de Timimoun à Timbektou, et nous allons voir de

---

(1) *Journal d'un voyage à Temboctou et à Jenné dans l'Afrique centrale*, par René Caillié, t. II, p. 404, in-8, de l'imprimerie Royale, 1830.

suite pourquoi les caravanes font ce détour. M. Daumas esquisse rapidement le tableau d'une caravane qui part de Timimoun, ville du Sahara, peu éloignée de la frontière du Maroc : « Cette » masse mouvante, dit-il, à laquelle les A'rib, les » Daou Belal, les Ouled Delim, les Djakana, les » Ouled Sidi Cheik, etc., ont loué des chameaux » de transport, soit à prix d'argent, 80 douros de » Timimoun à Timbek'tou, soit moyennant une » part dans les bénéfices, fera la boule de neige » sur la route. *En passant à Datt, elle y prendra* » *d'immenses quantités de sel gemme* (1). »

Voici la première fois que ce dépôt de sel gemme est indiqué. Il est peut-être un de ceux qui faisaient dire vaguement à Hérodote que les tertres de sel gemme se prolongeaient, dans les sables du désert, jusqu'aux colonnes d'Hercule.

Iles du cap Vert.

Alouys de Cademoste, auquel j'ai emprunté tout à l'heure les premiers renseignements connus sur le sel gemme de Tegazza, entreprit une seconde navigation en 1456 (2), navigation heureuse, puisqu'elle le conduisit à la découverte des îles du cap Vert. Il reconnut que ces îles étaient riches en sel (3). Les voyages postérieurs ont parfaitement confirmé ces indications pour l'*Ile du Sel*, *San Yago* et *Mayo* (4); les dépôts de sel de ce groupe d'iles paraissent considérables.

---

(1) *Le Sahara algérien*, p. 299 et 300; in-8, Paris, 1845.

(2) Il raconte qu'il partit de *Lagus*, près du cap Saint-Vincent (côte de Portugal), au commencement de juillet 1456.

(3) *Deuxième Navigation* de Alouys de Cademoste, comprise dans le recueil intitulé : *Description de l'Afrique, tierce partie du monde*, p. 444; in-folio, Lyon, 1556.

(4) Malte-brun, *Géographie universelle*, t. X, p. 700 et 702; in-8, Paris, 1837.

Tel est l'ensemble des gisements qui constituent ce que j'appelle la *zone salifère méridionale* ou *saharienne*. En rapportant tous ces points sur une carte (voyez *fig.* 7, *Pl. VIII*), on remarque qu'à l'exception de Bilma, au sud, et de Datt, au nord, tous les autres se trouvent sur une ligne parallèle à la zone salifère moyenne, et ce fait m'a paru assez remarquable pour l'établir sur la série de renseignements que je viens d'énumérer, un peu longuement peut-être, faute d'observations personnelles.

Au delà de cette zone, le sel manque complétement. Léon l'Africain l'avait remarqué de son temps (1); près de quatre siècles avant lui (en 1154), Edrisi avait déjà parlé de la mystérieuse île d'*Oulil* (2), « la seule mine de sel, dit-il, » connue dans le pays des noirs (3); » et de nombreux voyageurs ont confirmé les témoignages de ces deux illustres Arabes. C'est là une des bases de l'important commerce qui a lieu entre le Maghreb et le Soudan à travers le Sahara; aussi, le sel est-il, depuis un temps immémorial, un des principaux articles de ce commerce. Comme seconde conséquence, ce produit a une valeur con-

Prix exorbitant du sel dans le Soudan.

(1) *Description d'Afrique*, liv. VII, p. 324, et liv. IX, p. 389; in-folio, Lyon, 1556.

(2) On lit dans un géographe arabe du x[e] siècle : « *Aulil*, » lieu d'où l'on tire le sel, est éloigné d'Audeghoscht d'un » mois de chemin. Il faut un mois et demi pour se rendre » d'Aulil à Sédjelmessa, et se trouver ainsi dans le pays » de l'islamisme. » (*Description de l'Afrique*, par Ibn Haucal, traduite de l'arabe en français par M. le baron M. G. de Slane, chap. CXXIII, p. 68; in-8, de l'imprimerie Royale, 1842).

(3) *Géographie* d'Edrisi, traduite de l'arabe par P. Amédée Jaubert, t. I, p. 10 et 11; in-4, Paris, 1836.

sidérable dans la zone tropicale, qui en est privée. Bekri parlant, au 11e siècle, d'une contrée du pays des noirs, dit que « le sel s'y vend au poids de » l'or (1). »

« A Tombut et à Melli, empire des noirs, di» sait Cademoste en 1455, le sel de Tegazza n'est » pas plus tôt arrivé, qu'il est enlevé en moins de » huit jours, au pris de deux à troys cents miti» gaux la charge, et vault le mitigal vn ducat ou » enuiron; puis avec leur or font retour en leurs » marches (2). »

Plus tard, en 1526, Léon l'Africain confirme ces premières indications, et c'est comme témoin oculaire qu'il les confirme: « A Tombut, dit-il, le sel » est rare et cher, parce qu'il s'apporte de Tegaza, » distante de 500 milles (3) de Tombut, là où me » trouvant une fois, *je vey* comme la sommée » (la charge) ne se laissait à moins de octante du» cats (4). » Deux pages plus loin, il ajoute : « A » Gago, les objets divers y sont très-chers, mais » non pas tant (sans comparaison) que le sel, » qu'on vend plus chèrement qu'aucune marchan» dise qui s'y puisse conduire (5). » Ailleurs, le » même voyageur dit : « Il se trouve peu de sel

(1) *Notices et Extraits des manuscrits de la bibliothèque du roi et des autres bibliothèques*, t. XII, p. 642; in-4, de l'imprimerie Royale, 1831.

(2) *Première Navigation* de Alouys de Cadémoste, comprise dans le recueil intitulé : *Description de l'Afrique, tierce partie du monde*, p. 412; in-folio, Lyon, 1556.

(3) Dans son Avis au lecteur, l'éditeur Jean Temporal prévient que Léon s'est servi de *milles italiens*, dont 2 1/2 font une lieue de France (1556).

(4) *Description d'Afrique*, liv. VII, p. 324; in-folio, Lyon, 1556.

(5) *Ibid. ibid.*, p. 326.

» au pays des noirs, mêmement en l'Éthiopie in-
» férieure, où la livre se vend demy ducat (1). »

Les renseignements tout récemment recueillis par M. le colonel Daumas sont encore une confirmation de l'exactitude des indications de Bekri, de Cademoste, et de Léon l'Africain. Après avoir expliqué qu'on donne le nom de *serra* à un sachet qui contient un poids de poudre d'or à peu près égal au poids de 15 douros d'Espagne (2). M. Daumas ajoute (3) : « Une charge de sel (200 kilog.
» environ) vaut, à Timbek'tou, un serra (4). »

De tous ces faits il résulte : 1° qu'aucune des mines de sel gemme du désert n'alimente spécialement le Soudan, comme plusieurs voyageurs semblent l'indiquer, mais que toutes y contribuent; 2° que la ligne suivie par la caravane est toujours réglée, suivant le point de départ, de manière à passer par un de ces dépôts; 3° que, dans certains cas, les caravanes font un crochet considérable pour atteindre une mine de sel, la mine qui, par sa position, les détourne le moins de la ligne droite, ou de la ligne de puits, qu'elles devraient naturellement suivre.

Ici se montre la destination de la zone salifère moyenne. Lorsque la conquête sera terminée par nos armes et par notre puissance pacificatrice, lorsque des caravanes partiront, comme autrefois (5), de différents points de l'Algérie, pour se

(1) *Description d'Afrique*, liv. IX, p. 389.

(2) Il est ici question de ces douros qui valent 80 fr.

(3) *Le Sahara algérien*, par le lieutenant-colonel Daumas, p. 300; in-8, Paris, 1845.

(4) Ce qui met, sur ce point, le sel à 3 fr. la livre. Que vaut-il donc à Melli, qui est à 30 journées au delà?

(5) Edrisi nous apprend qu'au XII° siècle les caravanes

rendre au Soudan; c'est à quelque point de la zone moyenne qu'elles prendront leur chargement de sel, toutes les fois que leur point de départ les obligerait à un grand détour pour passer par une des mines du désert. De si longs et si périlleux voyages se trouveront abrégés ainsi, autant qu'ils peuvent l'être, et il est remarquable, si ma carte est exacte, que les caravanes, partant de Constantine, de Médéah, et des points intermédiaires, soient celles qui trouveraient particulièrement de l'avantage à s'approvisionner dans la zone salifère moyenne.

J'ai décrit les gisements de sel de l'Algérie, sinon tous, du moins tous ceux qui me sont connus aujourd'hui. Après les avoir distingués en deux zones qui affectent une direction remarquable, j'ai indiqué à quelle classe de terrains ils appartiennent. J'ai donné la composition de plusieurs de ces sels, en même temps que je montrais la cause de la salure des grands lacs qu'on rencontre çà et là. Enfin, j'ai rattaché, autant qu'ils peuvent l'être, ces gisements à ceux du désert, en faisant voir que ces derniers sont distribués suivant une zone parallèle aux deux premières, et j'ai cherché à déterminer le rôle de chacune de ces zones dans le commerce futur, et peut-être prochain, de l'Afrique septentrionale. Je ne parlerai d'aucune autre substance minérale aujourd'hui.

---

venaient jusqu'à Bougie (*Géographie* d'Edrisi, traduite de l'arabe en français par P. Amédée Jaubert, t. I, p. 236; in-4, de l'imprimerie Royale, 1836).

NOTES.

NOTE A.

(Renvoi de la page 544.)

L'ancienne *Baghaï*, dont la position n'est pas encore bien exactement marquée sur les cartes que je connais, mais qu'Édrisi place à 3 journées seulement de Constantine (1), et par conséquent plus au nord qu'*El Kantara*, ferait peut-être exception. Je dis peut-être, parce c'est sur le témoignage d'Édrisi qu'on considérerait Baghaï « comme » un pays remarquable par la quantité de dattes » qu'il produit (2). » Or, Bekri, qui parle avec détail de Bagaïah et de ses jardins (3), ne dit rien des dattiers. Il serait possible qu'Édrisi commît ici la même erreur qu'il a commise quand il dit, en parlant de Milah, que c'est une « ville dont les » environs produisent beaucoup de dattes et d'au- » tres fruits (4). » Bekri (5), Léon l'Africain (6), et Shaw (7), vantent avec raison les fruits de

(1) *Géographie* d'Edrisi, traduite de l'arabe en français par P. Amédée Jaubert, t. I, p. 253; in-4, 1836.

De *Bagaïah* à la province de *Beskarah*, dit Bekri, on compte quatre journées de marche (*Notices et Extraits des manuscrits*, etc., t. XII, p. 504; in-4, 1831).

(2) *Géographie* d'Edrisi, t I, p. 252.

(3) *Notices et Extraits des manuscrits de la bibliothèque du roi et autres bibliothèques*, t. XII, p. 595-597.

(4) *Géographie* d'Edrisi, t. I, p. 242.

(5) *Notices et Extraits*, etc., t. XII, p. 517.

(6) *Description d'Afrique*, liv. V, p. 268; in-folio, Lyon, 1556.

(7) *Voyages* de M. Shaw *dans plusieurs provinces de la Barbarie et du Levant*, t. I, p. 131; in-4, La Haye, 1743.

Milah ; mais ils se gardent bien de nommer les dattes que Milah ne produit pas, comme j'ai eu l'occasion de m'en assurer.

Je remarquerai ici que Shaw indique à *Emdoukhal* le premier plantage de palmiers, « quoi» que le fruit, dit-il, n'y parvienne pas à la déli» catesse et à la douceur de ceux de la province de » *Zaab* (1). » Or, si *Emdoukhal* est bien placé sur la carte dessinée *Pl. VIII*, *fig.* 4, il se trouverait à la même latitude qu'El Kantara, et, par conséquent, les dattes y viendraient à maturité parfaite. Il faudrait d'ailleurs savoir si cette oasis n'est pas placée dans des conditions particulières comme celles où, dans la note (2) de la page 544, j'ai montré que l'oasis d'El Kantara se trouvait placée.

NOTE B.

(Renvoi de la page 545.)

Je possède des échinides identiques qui viennent de l'*Aurès*, je possède aussi, venant des mêmes montagnes, ces singuliers fossiles qu'on remit à Peyssonel le 4 juillet 1725, lorsqu'ayant traversé l'Aurès avec le camp du bey, il approcha d'un point qu'il nomme *Taxes*, le même sans doute que nos cartes nomment *Tichsad*, et qui est à peu près à l'E.-N.-E de M'Chounech. Parti d'un camp qui était à deux lieues nord du point qu'il nomme Aradem : « Nous passâmes, dit Peys» sonnel, par des endroits assez rudes et fûmes » camper près la montagne de Taxes, où l'on » trouve une quantité de pierres remarquables.

---

(1) *Voyages* de M. Shaw *dans plusieurs provinces*, etc., t. I, p. 131; in-4, La Haye, 1743.

» Elles ressemblent à des modèles de boutons
» dont le dessus est à côtes de melon ; mais quel-
» ques instances que je fisse pour pouvoir être con-
» duit sur le lieu pour observer quelque chose sur
» la formation de ces pierres, je ne pus obtenir ce
» que je demandais (1). »

Valmont de Bomare, qui possédait évidemment, d'après ce qu'il dit, quelques-uns de ces fossiles donnés à Peyssonnel, les avait rapportés à ce qu'on appelait alors des *porpites* : « Ce sont, dit-il, des polypiers en forme de bou-
» tons, ou ressemblant à la *cunolite* (2). On en
» trouve de très-singuliers en Afrique. Nous en
» avons qui ont été ramassés près des ruines de
» *Suffitula* (3), dans le royaume de Tunis, au
» midi de la ville de Cairouan, et d'autres dans
» la montagne de Taxes, près les déserts de la
» Zaara (4). » Il est remarquable que *Sufetula* se trouve précisément sur le même parallèle que la montagne de Taxes, et que la montagne indiquée par Shaw à *Hadeffa* (5), à l'est du lac des Marques, se trouve placée au S.-E. de Sufetula, à

(1) Peyssonnel et Desfontaines, *Voyages dans les régences de Tunis et d'Alger*, publiés par M. Dureau de la Malle, t. I, p. 359 et 360 ; in-8, Paris, 1838.

(2) Nom que l'on donnait autrefois aux *cyclolites*.

(3) *Sufetula* (*Sfaïtla*), que l'*Itinéraire d'Antonin* place à 190 milles (63 lieues) de Carthage. Le détail des stations qu'il indique forme 189 milles. Shaw a visité les ruines de *Sufetula* (*a*) ; il ne paraît pas qu'il ait eu connaissance des fossiles en question.

(4) *Minéralogie*, t. II, p. 500, 2e édit. ; in-8, Paris, 1774.

(5) *Voyages* de M. Shaw *dans plusieurs provinces*, etc., t. I, p. 297 ; in-4, La Haye, 1743.

(*a*) *Voyages* de M. Shaw *dans plusieurs provinces*, etc., t. I, p. 259 et 260 ; in-4, La Haye, 1743.

peu près comme la montagne de sel gemme d'Outhaïa est placée vers le S.-O. de Taxes.

On sait qu'une partie du sel qui se consomme sur la lisière orientale de la province de Constantine est apportée de Nefta, ville située sur la rive septentrionale du lac des Marques. Il est fort probable que ce sel provient du Djebel Hadeffa, à moins que le lac des Marques lui-même n'en produise.

Les fossiles dont je donne les dimensions ci-dessous, et qui sont des *cyclolites* probablement d'une espèce nouvelle, viennent de la tribu des Ouled Cheurfa, au N.-E. du Djebel Cheliahh, qui paraît être le point culminant de l'Aurès. Ils m'ont été remis avec des spatangues et autres fossiles de la même localité, qui appartiennent évidemment à la formation crétacée.

	Diamètre.	Hauteur.
Dimensions de cinq cyclolites de l'*Aurès*.	0m,020	0m,010
	0m,025	0m,012
	0m,030	0m,006
	0m,037	0m,020
	0m,0195 sur 0m,022	0m,0095

Sur cinq individus pris au hasard, quatre, comme on voit, sont circulaires; un seul, le dernier, a deux axes inégaux, et appartient peut-être à l'espèce qu'on a nommée *cyclolites elliptica*. J'ai adressé ces cinq fossiles à M. Élie de Beaumont, dans l'espoir que leur examen permettra d'ajouter quelque chose à l'histoire des *zoanthaires pierreux*.

NOTE C.

(Renvoi de la page 550.)

On voit, par les lignes que j'ai tracées en gras sur la carte *Pl. VIII, fig.* 5, que je n'ai suivi aucune

des lignes plus directes (marquées en lignes pleines maigres) que l'on suit plus habituellement pour se rendre de Constantine à Milah. Après 3 heures de marche, à cheval, à partir de Constantine, je suis arrivé au pied du versant nord du Djebel Zouavi, à une espèce d'oasis remplie d'arbres fruitiers, et qu'arrose une source extrêmement abondante. Aucune carte ne marque de ruines romaines sur ce point ; il y en a cependant d'assez considérables. Je ne puis guère douter que ce soit là l'*Aquartilla* de la *Table de Peutinger*, table qui, comme on sait, marque souvent les stations intermédiaires qui manquent presque toujours dans l'*Itinéraire d'Antonin* (1). Dans l'exemplaire de cette table que j'ai sous les yeux, et qui est celui qu'a donné Shaw à la page 100 de son *Appendice*, *Aquartilla* se trouve à 9 milles de *Cirta*, ce qui s'accorde bien avec ma marche de trois heures dans un pays accidenté, d'autant plus qu'on tourne le versant nord du Chettabah, et que ce circuit allonge la route. Les ruines qu'on trouve au point que j'admets être *Aquartilla* sont habitées par les *Beni-Ziad*; de grandes murailles et des constructions romaines sont encore debout ; le sol est jonché de fragments de tuiles et de briques romaines ; on voit çà et là de nombreuses pierres tumulaires dont les inscriptions sont d'une rare netteté ; on les dirait récemment gravées, tant elles sont bien conservées. L'une d'elles portait :

D. M. S.
L. NAEVIVS
VRBANVS
VA. LXVII
H. S. E.

---

(1) Ainsi, dans ce cas, l'*Itinéraire d'Antonin* nous conduit de Cirta à Mileum sans intermédiaire.

Sans aucun doute, il y avait là un grand établissement romain. Les sources abondantes qui l'arrosaient sortent du calcaire crétacé qui forme le Djebel Zouavi. Ce calcaire repose sur les marnes gypseuses dont l'épaisseur est énorme en ce point, marnes qui forment en partie le col qui sépare le Djebel Zouavi du Djebel Chettabah. Le calcaire est gris, esquilleux, contient quelques huîtres, et présente parfois une finesse de grain qui le rendrait certainement propre à la lithographie. J'ai, depuis longtemps, signalé le même fait dans les calcaires du Sidi Mecid, près Constantine.

NOTE D.

(Renvoi de la page 566.)

Pline ne connaissait pas de sel gemme en Sicile (1), mais on en signale dès le septième siècle. Un religieux qui avait, à cette époque (2), séjourné plusieurs jours en Sicile, et qui avait été à même de voir certains dépôts de sel des bords de la mer Morte, distingue celui de Sicile par le nom de *sel de la terre*, et crut devoir vérifier par la vue,

(1) Il ne cite que deux lacs situés sur la côte méridionale de l'île, et dont les eaux, en partie vaporisées par les ardeurs du soleil d'été, laissaient, comme les eaux de quelques lacs d'Afrique, un dépôt de sel qu'on recueillait (*Historiæ naturalis* lib. XXX, cap. 7, t. X, p. 352; in-4, Paris, 1778).

(2) Vers l'an 640, Arculfe entreprit le voyage d'Orient et fut, à son retour, jeté par une tempête sur les côtes d'Irlande. Un abbé nommé Adamannus lui donna l'hospitalité, et recueillit, dans les conversations du naufragé, le récit qu'on a publié sous le titre de : Adamanni scotohiberni abbatis celeberrimi *De situ Terræ Sanctæ et quorundam aliorum locorum*, etc. Petit in-4; Ingolstadii, 1613.

le goût et le toucher, que ce sel terrestre était du vrai sel comme celui dont il avait l'habitude de faire usage (1).

Je ne trouve dans aucun des ouvrages que j'ai sous la main, l'indication précise du point de la Sicile où l'on extrait du sel gemme; mais je lis dans Maltebrun : « La Sicile livre au commerce » du mercure, du soufre, de l'alun, du nitre et du » *sel gemme* (2). »

(1) « Visu et gustu atque tactu comprobavit (Arnul- » fus), esse verum et salsissimum sal. » (Cap. XIV, p. 73 et 75 de l'ouvrage dont la note 2, p. 585, donne le titre.)

(2) *Précis de la géographie universelle.* Liv. CXIII, t. VII, p. 451; in-8, Paris, 1836.

NOTICE

Sur quelques produits résultant de la décomposition des minerais de cuivre,

Par M. ACHILLE DELESSE, Ingénieur des mines.

La plupart des mines de cuivre qui sont exploitées depuis un certain nombre d'années présentent divers produits de décomposition contenant du cuivre et dont la formation se continue tous les jours; ils se déposent le plus ordinairement autour des puits et des galeries d'exploitation comme le font les stalactites, ou bien quelquefois ils sont entraînés et tenus en suspension à l'état gélatineux dans les eaux qui sortent des mines. Ayant reçu de MM. *Burat*(1), *Descloizeaux* et *Bertrand de Lom* une collection de ces divers produits cuprifères, provenant des mines de Temperino, en Toscane, et de Saint-Marcel, en Piémont, j'ai pensé que quelques recherches sur leur composition chimique ne seraient pas dénuées d'intérêt.

Quand on vient à examiner les produits stalactiformes, on reconnaît qu'ils sont formés de couches concentriques très-minces; une même couche est en général homogène; mais les couches successives ont des couleurs diverses, et à ces différences de couleurs correspondent des différences dans la composition chimique.

Sous le rapport de la couleur aussi bien que de

(1) Voir, pour la description de ces gîtes de minerai de cuivre, le Traité des minéraux utiles de M. Burat.

la composition, on peut établir *deux catégories* dans les produits qu'on rencontre le plus ordinairement dans les mines que nous avons mentionnées ci-dessus : *la première* comprend les produits dont la nuance varie du blanc bleuâtre au bleu de ciel, au bleu verdâtre et au vert; *la deuxième* comprend ceux qui sont noirs ou brun noir. Un même morceau peut du reste présenter la réunion de toutes ces variétés.

1re Catégorie. On a d'abord fait l'analyse chimique de trois échantillons appartenant à la *première catégorie*.

I. La première substance examinée est tenue en suspension à l'état gélatineux dans les eaux sortant au-dessous d'une ancienne exploitation de cuivre, par une galerie d'écoulement qui débouche dans la vallée de *Saint-Marcel et d'Aoste*.

Cette substance, qu'on pensait d'abord devoir être un sous-sulfate de cuivre, ne contient ni acide sulfurique, ni acide hydrochlorique ou phosphorique; l'eau dans laquelle on la recueille ne contient même pas de cuivre en dissolution.

Dans le tube fermé la substance donne beaucoup d'eau et prend une couleur bleu sale : elle fond au chalumeau.

Avec le carbonate de soude et le phosphate de soude, on a les réactions de cuivre; sur le charbon on reconnaît aussi qu'il y a un peu d'antimoine.

Tous les caractères qu'elle présente sont ceux d'une combinaison excessivement instable.

Elle est décomposée à froid par une dissolution de potasse et il se forme de l'hydrate bleu d'oxyde de cuivre.

Avec le carbonate d'ammoniaque l'oxyde de cuivre se dissout à très-peu près complétement;

il reste de la silice et de l'alumine à un état prsque gélatineux; on ne peut toutefois employerce moyen pour l'analyse, car il est très-difficile de séparer les dernières parties d'oxyde de cuivre. Exposée à des vapeurs d'hydrogène sulfuré, la substance brunit et il se forme un peu de sulfure de cuivre.

Cependant l'oxyde de cuivre entre bien à l'état de combinaison, car la matière ne devient pas noire par une longue ébullition dans l'eau ni par calcination.

Si dans les analyses qui suivent, on compare les résultats qui ont été obtenus dans deux opérations, il sera facile de constater par leur divergence qu'il y a dans la substance, de la silice, et peut-être de l'alumine, à l'état de mélange.

II. On a opéré ensuite sur une substance d'un blanc bleuâtre provenant des stalactites qui se déposent dans les galeries de la mine de cuivre de Temperino, près de Campiglia en Toscane : elle a un aspect farineux et ne présente pas de consistance.

On l'a traitée par l'eau pour rechercher si elle renfermait des parties solubles; on a reconnu ainsi qu'elle est formée de parcelles excessivement ténues et qu'il est difficile de la filtrer. Par l'évaporation, l'eau de lavage s'est colorée légèrement en bleu et a laissé un résidu très-faible de sulfate de chaux avec une trace de silice et d'oxyde de cuivre.

En reprenant la partie insoluble par de l'acide hydrochlorique, une très-légère effervescence a montré qu'il y avait un peu de carbonate de chaux, mais qu'elle contenait principalement de la silice, de l'alumine et de l'oxyde de cuivre. L'évapora-

tion de l'eau mère a donné une trace d'alcali qui a paru être de la soude.

Par la calcination, pour le dosage de l'eau, la matière devient d'un vert noirâtre sale.

III. La troisième substance examinée provenait de concrétions des puits de la mine de *Temperino*, dans lesquels sa formation est assez rapide pour qu'elle finisse par y causer des obstructions; elle était formée de couches concentriques d'un bleu légèrement verdâtre, qui passe même au vert quand la substance est desséchée à 100°.

Pour l'analyse, on a pris des fragments appartenant à une même couche, qui présentaient la même couleur et qui étaient bien homogènes; ils étaient légèrement transparents.

En recherchant la densité des diverses parties desséchées à l'air libre, on a trouvé des densités comprises entre 1,95 et 2,25. La densité des morceaux analysés, desséchés à 100°, devient plus grande; elle est de 2,47.

Dans le tube fermé, la matière donne de l'eau et prend une couleur sale.

Au chalumeau, elle fond, mais difficilement, en donnant une scorie poreuse présentant la coloration du cuivre.

Elle se dissout dans le sel de phosphore avec les réactions du cuivre, mais on a un squelette de silice qui nage dans la perle. Avec le carbonate de soude on observe les mêmes réactions et la dissolution de la substance n'est pas complète.

Elle s'attaque avec facilité même par l'acide acétique, ainsi que cela a lieu pour la substance du n° II, et on observe un faible dégagement d'acide carbonique dû à la présence d'un peu de carbonate de chaux.

De même que les deux substances précédentes, elle est décomposée par le carbonate d'ammoniaque qui dissout l'oxyde de cuivre; de plus, après calcination, elle devient, comme elle, inattaquable ou très-difficilement attaquable par les acides. Ce dernier fait montre bien que, dans tous ces produits de la première catégorie, l'oxyde de cuivre entre à l'état de combinaison, et non pas simplement à l'état de mélange.

Pour l'exécution des analyses qui sont consignées dans le tableau suivant, on a procédé d'après la marche ordinaire; l'eau était dosée par calcination; on dissolvait la matière dans l'acide hydrochlorique, et l'on séparait le cuivre de l'alumine par l'hydrogène sulfuré; il était ensuite dosé à l'état d'oxyde après avoir été précipité par la potasse.

	I. St-Marcel.		II. Temperino.	III. Temperino.
	(1°)	(2°)	(1°)	(2°)
Silice.	13,2	10,1	35,7	20,2
Alumine.	14,2	14,8	17,5	17,6
Oxyde de cuivre. .	»	35,8	14,8	28,0
Eau.	»	36,7	28,0	32,3
Oxyde d'antimoine.	»	2,0	»	»
Alcali.	»	»	trace.	»
Carbonate de chaux.	»	»	2,8	1,2
Sulfate de chaux. .	»	»	1,2	»
Matière organique. .	»	0,6	»	»

Si l'on fait abstraction du carbonate et du sulfate de chaux, ainsi que des diverses substances accidentelles qui sont mélangées, on voit par ce tableau que pour les deux mines dont nous avons parlé, les produits modernes de décomposition dont la couleur varie du blanc bleuâtre au bleu et

au vert, sont tous des *hydrosilicates d'alumine et d'oxyde de cuivre.*

L'examen de ces substances, surtout de celle désignée sous le n° III, montre bien que l'oxyde de cuivre y entre à l'état de combinaison; et c'est ce qui résulte, du reste, de la calcination, de l'ébullition dans l'eau et de la séparation de la silice, ainsi que de l'alumine, à l'état demi-gélatineux, quand on fait digérer la substance avec du carbonate d'ammoniaque.

Mais il y a en outre de la silice et même de l'alumine qui peuvent accompagner l'hydrosilicate à l'état de mélange : lorsque la couleur de la substance est pâle, d'après les analyses qui précèdent, elle contient plus de silice et moins d'oxyde de cuivre.

Ces mélanges de substances qu'il est impossible de séparer du composé, à cause de son instabilité, et parce qu'il est immédiatement décomposé par la potasse, rendent très-difficile la détermination de la formule de l'hydrosilicate d'alumine et de cuivre qui se forme dans ces circonstances : cependant on peut essayer d'y arriver d'après l'analyse III qui a été faite sur une substance un peu transparente et qui ne paraissait pas présenter de mélange.

Si l'on retranche le carbonate de chaux, et si l'on suppose qu'une partie de la silice peut remplacer l'alumine dans le rôle d'acide qu'elle joue par rapport à l'oxyde de cuivre, ou plutôt qu'elle est en excès à l'état de mélange dans le minéral, on trouve que les résultats de l'analyse III ne seraient pas très-éloignés de la formule :



$$\dddot{Si}\,\dot{Cu} + \dddot{Al}\,\dot{Cu} + 10\dot{H}.$$

Le calcul de cette formule mis en regard des résultats de l'analyse III, donne en effet :

	Expérience.	Rapports.		Calcul.
Silice.	21,08	1,914 soit	3	17,31
Alumine.	17,83	1,556	3	19,26
Oxyde de cuivre. .	28,37	1,000	2	29,72
Eau.	32,72	5,023	10	33,71
	100,00			100,00

On pourrait alors admettre que tous ces produits de décomposition sont principalement formés par un silico-aluminate de cuivre hydraté ayant pour formule :



$$\dddot{Si}\,\dot{Cu} + \dddot{Al}\,\dot{Cu} + 10\dot{H},$$

et qu'ils peuvent être mélangés de diverses proportions d'eau hygrométrique, de silice, et peut-être même, d'alumine.

Il reste maintenant à parler d'une *deuxième catégorie* de produits de décomposition des mines de cuivre; ce sont ceux qui sont noirs ou brun noir. 2e Catégorie.

Il y en a qui sont noirs compactes et qui ont un éclat gras résinoïde; pulvérisés, ils donnent une poudre brune; tantôt ils présentent des couches parallèles semblables à celles des stalactites, et tantôt, au contraire, ils forment de petites taches isolées, disposées d'une manière très-irrégulière au milieu des produits précédents.

On n'a pas fait une analyse de cette dernière variété, mais on a reconnu, à l'aide du chalumeau, qu'elle fond avec facilité et qu'elle ne contient ni chlore ni soufre; elle se dissout dans le sel de phosphore, en laissant cependant un squelette de silice; avec le carbonate de soude elle fait effervescence

et on a un squelette qui nage dans la perle; dans le borax, la dissolution se fait d'une manière facile; avec tous les réactifs qui précèdent, on a d'ailleurs des phénomènes de coloration qui indiquent la présence d'une grande quantité de cuivre.

Ainsi, la substance contient encore de la silice, de l'alumine, de l'oxyde de cuivre; mais il est possible qu'ici les matières ne soient plus à l'état de combinaison, et qu'elles se trouvent seulement à l'état de mélange; c'est ce que semblerait indiquer leur couleur noire qui doit être attribuée sans doute à de l'oxyde de cuivre libre et anhydre.

On a encore examiné une variété du produit précédent qui forme des couches spongieuses, pulvérulentes, tachant fortement les doigts et ayant une couleur brun foncé; elle était recouverte et même complétement entourée par des couches d'un vert bleuâtre qui devaient être d'une origine postérieure.

La substance ne paraît pas présenter une grande homogénéité, car au milieu des parties pulvérulentes, on aperçoit des parties moins compactes à éclat résineux et qui appartiennent à la première variété dont nous venons de parler. Ses propriétés au chalumeau sont identiques à celles déjà décrites antérieurement. Elle donne une coloration bleue quand on la met en digestion avec le carbonate d'ammoniaque; elle est attaquée avec vivacité par les acides, et avec l'acide hydrochlorique on a un abondant dégagement de chlore; la silice gélatineuse qui reste conserve la forme concrétionnée qu'avait la substance : l'examen de la dissolution fait voir qu'elle contient une très-grande proportion de manganèse.

Une analyse quantitative exécutée sur de la matière préalablement desséchée a donné :

Silice.	8,33
Oxyde de cuivre. . . .	6,66
Oxyde de manganèse. } Alumine et fer.. . . . }	64,96
Carbonate de chaux. .	2,51
Magnésie et soude . .	0,14
Eau.	17,40
	100,00

On n'a pas dosé l'oxyde de manganèse; mais, en le séparant, on a reconnu qu'il formait plus des trois quarts du précipité; l'autre quart était de l'alumine, et il n'y avait que des traces de fer.

Un deuxième essai, exécuté sur de la matière prise sur la même couche de stalactite, a donné pour la quantité de silice 7,49; elle ne paraît pas être constante, ainsi que cela a déjà été observé pour les substances précédentes.

En résumé, on voit d'après ces essais que les produits de la deuxième catégorie, qui se trouvent plus particulièrement dans l'intérieur des stalactites, sont formés d'oxyde de cuivre anhydre ou d'oxyde de manganèse hydraté, suivant qu'ils sont noirs ou bruns; ces oxydes sont mélangés en diverses proportions avec de la silice et de l'alumine.

La présence de la magnésie et de la soude qui accompagnent l'oxyde de manganèse fait voir que le mode actuel de formation doit avoir de l'analogie avec celui qui a produit l'oxyde de manganèse qu'on trouve dans la nature, lequel est presque toujours accompagné de bases comme la baryte et la potasse.

Les hydrosilicates de cuivre des divers terrains sont des produits de décomposition.

L'examen des échantillons d'hydrosilicate de cuivre qui se trouvent dans les divers terrains et dans les mines en exploitation, aussi bien que dans les principales collections de minéralogie de Paris, et en particulier dans celles du Jardin-du-Roi et de l'École des Mines m'a fait voir qu'ils présentent tous la plus grande ressemblance avec les produits de décomposition modernes des mines de cuivre qui viennent d'être étudiés, et qu'ils ont nécessairement la même origine. Car, quand on examine les hydrosilicates qui se trouvent dans les filons, ils ne se présentent pas dans des druses ou géodes, à la manière, par exemple, des zéolites dans les roches basaltiques ; en sorte que, même en faisant intervenir la pression, il ne serait guère possible de concilier leur formation avec la théorie *ignée* des filons ; mais on peut, en quelque sorte, avoir des preuves directes de leur mode de formation.

En effet, il est facile de reconnaître sur un grand nombre d'entre eux les ondulations et la forme extérieure des stalactites ; ils ont aussi une cassure cireuse et grasse ; ils présentent des enduits et des mamelons déposés sur des roches d'origine plus ancienne. Quelquefois même on peut y observer nettement des parties testacées et des couches concentriques qui se distinguent très-bien par des différences dans la couleur.

De même que dans les stalactites cuprifères modernes, les parties intérieures sont souvent pulvérulentes, farineuses et beaucoup plus friables que les parties extérieures qui sont ondulées et résistantes.

Il y en a qui paraissent cariées comme la meulière ; c'est ce qui a lieu, par exemple, pour la sommervillite, comme l'indique M. Berthier, et

aussi pour quelques échantillons du Chili; or ce résultat doit se produire dans les stalactites, lorsqu'au milieu de parties compactes sont intercalées des parties pulvérulentes qui disparaissent ensuite; on peut observer, en effet, cette structure cariée sur quelques échantillons de la mine de Temperino.

On voit donc par ce qui précède que la structure montre une analogie complète entre les produits modernes des mines de cuivre et les hydrosilicates de cuivre qu'on trouve dans les filons ou dans les différentes formations stratifiées; et c'est ce qui résulte aussi de la couleur; car, de même que les produits modernes, ils présentent toutes les nuances depuis le blanc légèrement bleuâtre jusqu'au vert, leur couleur tirant, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus sur le vert qu'ils sont plus desséchés et renferment une moindre proportion d'eau. Il y en a, comme la sommervillite (1), qui jouissent d'une propriété analogue à celle de l'hydrophane, et deviennent transparents dans l'eau; or on a constaté que la variété moderne de Temperino, analysée sous le n° III, présente cette propriété comme la sommervillite.

Enfin, sur un grand nombre d'échantillons on peut observer des parties noires ou brunes, ayant un éclat gras, une cassure résineuse, et se trouvant surtout à l'intérieur des échantillons, où ils sont recouverts par des parties bleues ou vertes, comme nous l'avons observé dans les stalactites cuprifères modernes; ces parties résineuses et ternes, qui sont quelquefois accompagnées de dentrites de manganèse, sont disposées soit par taches, soit

(1) Berthier, *Essais par voie sèche*, tome II, p. 449.

par couches dans les hydrosilicates bleus ou verts; elles sont identiques pour l'aspect, pour les propriétés physiques et pour la composition chimique, aux produits modernes de la deuxième catégorie que nous avons examinée précédemment, et, comme eux, elles ne présentent pas d'homogénéité.

On retrouve donc les deux catégories de produits que nous avons distinguées dans les substances qui se forment encore de nos jours par décomposition dans les mines de cuivre. Par conséquent, d'après ce qui précède, la structure et la composition démontrent que l'origine est la même.

Du reste, n'est-ce pas ce que semblerait indiquer aussi la diversité des résultats obtenus par les analyses des hydrosilicates de cuivre, car si l'on fait exception pour la *dioptase*, pour le cuivre hydrosiliceux de Haüy (1) qui est cristallisé, et aussi pour le *kieselmalachite* et la sommervillite, dans l'analyse desquels M. Berthier (2) a pris soin d'enlever la silice en excès par une dissolution de potasse, et n'a opéré que sur la portion qui paraît avoir résisté à l'action de l'alcali, chaque analyse nouvelle d'un hydrosilicate de cuivre crée un minéral nouveau. On pourrait multiplier en quelque sorte indéfiniment les espèces, en faisant l'analyse d'hydrosilicates qui, à cause de leur uniformité de couleurs, semblent homogènes, et qui présen-

(1) Haüy, *Minéralogie*, III, p. 471. Prisme rhomboïdal droit dont les angles sont 103° 20′ et 76° 40′. Peut-être même y a-t-il eu erreur dans sa détermination, car cette espèce minérale n'est pas reproduite dans des ouvrages de minéralogie postérieurs.

(2) *Ann. de chimie*, t. 51, p. 402.

tent toutes les nuances depuis le blanc bleuâtre jusqu'au vert.

D'après cela il semble donc assez naturel d'admettre qu'il y a mélange d'un hydrosilicate de cuivre avec diverses proportions de silice ou d'alumine ou avec des argiles, ainsi que cela a lieu pour les produits modernes qui prennent naissance actuellement par décomposition dans les mines de cuivre, et par conséquent le mode de formation a dû être le même.

Cette conclusion s'accorde aussi avec le mode de gisement des hydrosilicates de cuivre; car, quoiqu'on les trouve dans les filons, l'observation a appris qu'ils sont accompagnés de pyrite et de sulfure de cuivre, de cuivre gris, et qu'ils sont surtout abondants dans les parties les plus rapprochées de la surface; avec eux il y a de plus du carbonate de cuivre qui a dû se former par l'action de l'acide carbonique de l'air sur l'oxyde de cuivre provenant de la décomposition des pyrites, tandis que l'hydrosilicate de cuivre prenait naissance par la combinaison de cet oxyde avec la silice. Du reste la structure concrétionnée et testacée que présente, dans un grand nombre de cas, le carbonate de cuivre, et surtout la *malachite* qui est employée dans la bijouterie, démontrent que c'est à des effets de décomposition qu'on doit attribuer son origine.

On rencontre bien aussi les hydrosilicates de cuivre dans les terrains stratifiés, principalement dans les grès, dans les grès rouges, dans le Weissliegende à sa partie supérieure et immédiatement au-dessous du Kupferschiefer, qui contient surtout des pyrites de cuivre, et enfin dans le grès bigarré; mais dans tous ses gisements l'hydrosili-

cate est accompagné de minéraux dans lesquels le cuivre est combiné avec le soufre, et, comme il ne peut s'être formé par voie de sublimation, il résulte évidemment de leur décomposition et d'infiltrations produites par les eaux; en même temps il est toujours accompagné de carbonate de cuivre qui s'est formé par l'action de l'acide carbonique de l'air.

Mais on a une preuve plus concluante de ce qui vient d'être dit ci-dessus, en examinant les substances qui accompagnent ordinairement les hydrosilicates de cuivre. Quelles sont en effet ces substances qui, tantôt sont intimement mêlées à l'hydrosilicate, et tantôt sont séparées à l'état cristallin? Ce sont, comme l'examen d'un très-grand nombre d'échantillons nous l'a appris, les carbonates de chaux et de cuivre, les arséniates et les phosphates de cuivre, les sulfates de chaux et de plomb, l'oxyde noir de cuivre, les oxydes de fer et de manganèse, et surtout la silice. Or, nous avons vu que presque toutes ces substances accompagnent aussi les produits modernes de décomposition qui se forment dans les mines de cuivre, et que de plus, elles se trouvent absolument au même état.

En effet, la silice se présente presque toujours avec les hydrosilicates de cuivre. Quelquefois elle est à l'état de calcédoine botryoïde, comme cela s'observe sur des échantillons du Chili, ou bien à l'état de quartz; mais le plus souvent elle est intimement mêlée dans la masse de l'hydrosilicate, à l'état de silice immédiatement soluble dans la potasse; c'est ce qui a été constaté pour plusieurs hydrosilicates, et principalement pour diverses variétés de kieselmalachite, ainsi que l'a fait observer M. Berthier.

L'oxyde de fer accompagne comme gangue un très-grand nombre d'échantillons; il paraît même pouvoir former des combinaisons avec la silice et l'oxyde de cuivre, comme dans l'hydrosilicate brun de Sibérie qui a été décrit par M. Damour (1); c'est lui aussi qui, en combinaison avec les mêmes substances, forme la variété rare connue, par les mineurs et les minéralogistes, sous le nom de cuivre hydraté résinite.

L'oxyde noir de cuivre et l'oxyde de manganèse se rencontrent aussi très-fréquemment, ainsi que nous l'avons déjà signalé. Ils forment des taches noires irrégulières, de petits amas friables et pulvérulents, ou bien encore des couches noires ou brunes concentriques aux couches bleues. Ces oxydes sont le plus souvent accompagnés de silice intimement mélangée avec eux et qui présente l'aspect corné qu'elle prend quand, étant à l'état gélatineux, elle a été desséchée lentement sur un filtre; c'est elle qui leur donne un éclat résineux. Le carbonate de cuivre est souvent cristallisé, et l'on conçoit qu'il a dû se former par l'action de l'acide carbonique de l'air; sa structure concrétionnée démontre d'ailleurs qu'il est produit à la manière des stalactites. Le carbonate de chaux entre à l'état de mélange dans un grand nombre d'hydrosilicates, comme le démontrent les diverses analyses qui en ont été faites et qui sont rapportées dans le Manuel de Minéralogie de Rammelsberg (p. 340). Il forme quelquefois aussi des cristaux sur l'échantillon.

Le sulfate de chaux qui se trouve dans les produits modernes a été signalé dans des analyses de

(1) *Annales des mines*, 3e série, t. XII, p. 241.

chrysocolle par John (1), et certains échantillons présentent du sulfate de chaux et du sulfate de plomb cristallisés, ainsi que des arséniates et des phosphates de cuivre.

Ainsi, la plupart des substances qui accompagnent ordinairement les hydrosilicates de cuivre sont celles qu'on retrouve dans les produits modernes de décomposition des mines de cuivre de Temperino et de Saint-Marcel.

Il ne faut pas même en excepter l'alumine; car bien que le cuivre hydrosilicaté proprement dit n'en contienne que quelques centièmes, on la retrouve avec abondance dans les allophanes cuprifères, qui ne sont évidemment qu'un cas particulier du phénomène de décomposition qui donne naissance aux produits dont nous nous occupons en ce moment.

L'allophane s'attaque toujours avec gelée par les acides, comme les produits cuprifères modernes, et elle contient ordinairement du cuivre qui paraît être à l'état d'hydrosilicate; du reste, les résultats très-divergents obtenus dans les analyses de ce minéral, lorsqu'il contient du cuivre, sembleraient indiquer qu'il est mélangé de silice et peut-être d'alumine dans diverses proportions. L'allophane est également accompagnée de carbonate et de sulfate de chaux, de carbonate de cuivre, d'oxyde de fer et de manganèse, ainsi que cela résulte de l'examen que nous avons fait de quelques échantillons et des descriptions des chimistes qui l'ont analysée.

En résumant ce qui précède, on voit qu'il serait peut-être opportun de ne pas regarder comme au-

(1) Beudant, Minéralogie, t. II, p. 193.

tant d'espèces différentes les nombreuses variétés d'hydrosilicate de cuivre adoptées jusqu'ici; car leur nombre peut, pour ainsi dire, s'accroître indéfiniment. Vauquelin pensait déjà que c'étaient des mélanges d'oxyde de cuivre hydraté avec la silice (1); mais il résulte de ce qui a été dit précédemment qu'il y a incontestablement combinaison de la silice avec l'oxyde de cuivre et l'eau; seulement les variétés que les hydrosilicates présentent dans leur couleur tiennent à des proportions variables de silice mélangée, comme cela a été observé dans les produits modernes, et à la quantité d'eau; car en les desséchant on peut les faire passer du bleu au vert.

Il convient, par la même raison, de ne pas créer de nouvelles espèces minérales pour désigner les parties noires ou brunes qui accompagnent l'hydrosilicate vert : car ce sont des mélanges d'oxyde de cuivre, d'oxyde de manganèse et d'oxyde de fer, et de silice ou même d'alumine, avec l'hydrosilicate vert.

On voit aussi que les hydrosilicates de cuivre doivent être rangés, par rapport aux minéraux antimoniés et sulfurés de cuivre, dans la classe de ceux que M. Haidinger appelle *minéraux parasites* (2). Tout porte à croire que dans un grand nombre de cas, comme par exemple pour les terrains stratifiés, cela doit être étendu aussi aux substances que nous avons reconnu les accompagner d'une manière à peu près constante, et qui sont surtout l'oxyde noir ainsi que les carbonates de cuivre.

---

(1) *Ann. de chimie*, t. LXXXVI, p. 236.
(2) *Ann. des mines*, 2e série, t. III, p. 203.

Mode de formation.

Pour se rendre compte de la manière dont l'hydrosilicate de cuivre a pu se former dans la nature, on peut observer que dans la plupart de ses gisements le cuivre se trouve à l'état de minerai sulfuré et surtout de cuivre pyriteux; par l'action de l'air atmosphérique, les pyrites se décomposent, et le premier produit de cette décomposition est du sulfate de cuivre qui, comme on le sait, se produit en abondance dans les anciennes galeries, ainsi que cela a lieu dans les mines de Hongrie. Mais souvent aussi il arrive que ce sulfate qui exerce des réactions acides, décompose les roches formant la gangue du minerai, à travers lesquelles il s'infiltre; il entraine alors avec lui ou même il dissout, beaucoup mieux que ne le ferait de l'eau pure, la silice, l'alumine, les oxydes de fer, de manganèse et les alcalis qui entrent dans la composition des roches qui ont été attaquées.

Quand il rencontre du carbonate de chaux, il doit nécessairement se produire un phénomène de double décomposition; du sulfate de chaux se précipite et en même temps de l'hydrate d'oxyde de cuivre est déposé, mais la silice et l'alumine qui étaient tenues en dissolution à l'aide du sulfate de cuivre, ne tardent pas à se déposer; la silice à l'état naissant se porte sur l'hydrate de cuivre pour lequel elle a beaucoup d'affinité; car on sait que dans l'analyse d'un silicate de cuivre, il est très-difficile de séparer de la silice les dernières parties d'oxyde de cuivre; on conçoit donc d'après cela la formation de l'hydrosilicate d'alumine et de cuivre : on conçoit aussi la présence du carbonate de cuivre, celle du carbonate et du sulfate de chaux, celle du sulfate de plomb et des oxydes de fer et de manganèse.

Il peut encore se former des produits de décomposition contenant de l'hydrosilicate de cuivre avec du sulfate, comme cela résulte d'une analyse faite par M. Berthier sur un échantillon du Chili (1). Il est du reste facile d'expliquer la formation des arséniates et même des phosphates de cuivre, par des phénomènes de double décomposition ou par des réactions analogues à celles qui ont été signalées récemment par M. Damour pour les arséniates (2).

Souvent aussi on trouve du cuivre natif et du cuivre oxydulé qui accompagnent des morceaux contenant de l'hydrosilicate; or, on pourrait se rendre compte de leur formation en admettant qu'elle est due à la réduction de l'oxyde de cuivre par des matières organiques à l'aide de la chaleur développée par la transformation des pyrites.

Du reste, la forme concrétionnée qu'affectent presque toutes ces substances est une preuve nouvelle de leur origine, et démontre qu'elles sont des produits analogues aux stalactites et qu'elles proviennent de la décomposition des minerais antimoniés et sulfurés de cuivre; cette forme peut surtout s'observer très-bien sur la malachite verte de Sibérie qui sert aux objets d'ornements, et sur les oxydes de manganèse.

Les parties brunes et noires prendront naissance quand l'oxyde de cuivre déposé n'aura pas rencontré de silice et ne sera pas combiné avec elle, et l'on conçoit qu'il pourra alors passer à l'état d'oxyde noir. D'après les analyses qui précèdent, la liqueur qui produit les infiltrations doit dans ce

---

(1) *Annales des mines*, 3e série, tome XIX, p. 698.
(2) *Annales de chimie*, 3e série, t. XIII, p. 404.

cas contenir des bases en excès qui sont les oxydes de fer et de manganèse, lesquels sont mélangés avec la silice et l'oxyde de cuivre; le mode de dépôt de l'oxyde de fer et de l'oxyde de manganèse est du reste le même que dans le phénomène général de décomposition des roches dont M. Ebelmen (1) a entrepris l'étude, et dont le phénomène qui nous occupe n'est qu'un cas particulier.

(1) *Annales des mines*, 4e série, t. VII, p. 3.

JURISPRUDENCE DES MINES;

Par M. DE CHEPPE, maître des requêtes, chef de la division des mines.

MINES. — REDEVANCES DES PROPRIÉTAIRES DE LA SURFACE.

Il appartient au Gouvernement de fixer ces redevances, nonobstant toutes conventions contraires. — Une ordonnance qui les a réglées, après l'accomplissement des formalités prescrites par la loi du 21 avril 1810, n'est pas de nature à être attaquée par la voie contentieuse.

Une ordonnance royale du 13 janvier 1842 a fait concession à la compagnie Gillier et Mortier, des mines de houille dites de *la Péronnière*, département de la Loire.

Elle a réglé la redevance tréfoncière à une rétribution proportionnelle aux produits de l'extraction et calculée suivant la profondeur et la puissance des couches, en énonçant que ce tarif serait applicable nonobstant les conventions contraires qui résulteraient de traités antérieurs entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface, ces conventions étant, à cet égard, déclarées nulles et non avenues.

Des propriétaires de terrains dans le périmètre concédé, les sieurs Flachat, Fulchiron et consorts avaient, avant que la concession fût instituée, fait avec la compagnie des traités où était stipulée une redevance différente, s'élevant dans les uns au onzième, dans les autres au dixième du produit brut de l'exploitation.

Ils ont requis la compagnie d'exécuter ces traités, et celle-ci ayant excipé des dispositions de l'acte de concession, ils l'ont assignée devant le tribunal civil de Saint-Étienne.

Le préfet de la Loire a revendiqué pour l'autorité administrative la connaissance du litige. Le déclinatoir

n'ayant point été admis, il a élevé un conflit d'attributions.

Son arrêté a été confirmé par ordonnance du 1er juin 1843, par ce motif qu'il n'appartient qu'au Gouvernement d'apprécier le sens et l'étendue de l'acte de concession. Nous avons rendu compte de cette partie de l'affaire dans les *Annales des mines* (4e série, t. III, p. 853).

Les sieurs Flachat se sont pourvus au conseil d'État. Ils concluaient à ce qu'en les recevant demandeurs en interprétation de l'ordonnance de concession des mines de *la Péronnière*, et, au besoin, opposants, il fût déclaré que les arrangements particuliers intervenus entre eux et les concessionnaires, au sujet des indemnités de tréfonds, sortiraient leur plein et entier effet; subsidiairement, ils demandaient que la cause fût renvoyée devant qui de droit, pour discuter contradictoirement soit le maintien de ces traités, soit la fixation d'une nouvelle redevance tréfoncière.

Dans leur requête, ils soutenaient que l'on n'avait point eu le droit d'annuler lesdits traités; qu'en vertu de l'article 552 du Code civil, ils étaient, avant la concession, possesseurs du tréfonds aussi bien que de la surface, qu'ils avaient pu, à ce titre, mettre telles conditions qu'ils jugeaient convenables à l'exploitation de la houille renfermée dans leurs terrains et stipuler des redevances. Ils invoquaient l'article 1134 du même code, portant que les conventions légalement formées tiennent lieu de loi à ceux qui les ont faites, qu'elles ne peuvent être révoquées que de leur consentement mutuel. Enfin ils s'appuyaient sur l'article 51 de la loi du 21 avril 1810, lequel oblige les anciens concessionnaires à exécuter les conventions qui auront été faites avec les propriétaires de la surface.

Les réclamants confondaient ici des choses distinctes; ils ne se rendaient pas compte de la nature toute spéciale de la propriété des mines.

Et d'abord, l'article 552 du Code civil, d'après lequel la propriété du sol emporte la propriété du *dessus et du dessous*, ajoute expressément : *sauf les modifications résultant des lois et règlements relatifs aux mines.*

Or, les dispositions de la loi du 21 avril 1810 n'admettent point qu'il puisse y avoir propriété de la mine antérieurement à la concession.

Quelles que soient les discussions qui ont eu lieu lors de la préparation de cette loi, les différentes opinions qui se sont produites alors, il y a un principe fondamental qui a définitivement prévalu : le droit absolu du Gouvernement d'instituer la concession et d'en régler les conditions.

Il est consacré de la manière la plus positive dans les articles 5, 6, 16, 17, 42, qui disposent que les mines ne peuvent être exploitées qu'en vertu d'un acte de concession; que le Gouvernement juge des motifs ou considérations d'après lesquels la préférence doit être accordée aux divers demandeurs, *qu'ils soient propriétaires de la surface, inventeurs ou autres*; que c'est *l'acte de concession qui règle les droits des propriétaires de la surface sur les produits des mines concédées, qui les purge par le règlement qu'il en fait, qui les fixe à une somme déterminée.*

Ainsi, le propriétaire du sol n'est point propriétaire de la mine (1). Il peut faire des recherches ou transmettre cette faculté à des tiers; mais il ne peut exploiter s'il ne devient lui-même concessionnaire, et sa qualité de propriétaire, si elle est quelquefois un titre à la préférence, n'est point un droit à la concession L'unique droit qui lui appartienne est d'obtenir une redevance sur les produits du gîte lorsqu'il sera concédé.

De ce que la mine n'est pas sa propriété, il suit nécessairement qu'il ne peut fixer lui-même la rétribution qui devra lui revenir sur les produits de l'exploitation; car il n'est permis de stipuler que sur les choses dont on a la disposition. Une convention n'est valable, aux termes du Code civil (art. 1108, 1131, 1134), que lorsqu'elle est légalement formée, qu'elle a une cause licite; il n'y a, d'après l'article 1128, que les choses qui sont dans le commerce qui puissent être l'objet des conventions. Si donc des arrangements quelconques ont eu lieu entre le propriétaire et les demandeurs en concession, de tels arrangements sont essentiellement conditionnels, subordonnés à ce que décidera le gouvernement, qui, en instituant la concession, a le droit et le devoir de les annuler lors-

(1) Voir *Annales des mines*, 3e série, tome XVI, p. 702, et 4e série, tome V, p. 651, les arrêts de la cour de cassation des 8 août 1839 et 4 juin 1844, où cette doctrine est développée avec une grande force.

qu'il les juge contraires aux intérêts qu'il a mission d'apprécier.

Quant à l'article 51 de la loi du 21 avril 1810, lequel a déclaré maintenues les anciennes concessions, à charge par les concessionnaires d'exécuter les conventions qui auraient été faites avec les propriétaires de la surface, cet article, comme ses termes l'expriment formellement, ne s'applique qu'aux concessions antérieures à cette loi. Autrefois, sous l'ancienne législation, ce n'était que dans certains cas exceptionnels que les actes qui concédaient les mines attribuaient une redevance aux propriétaires du sol. Les anciens arrêts renferment quelques dispositions relatives au droit du roi ou des seigneurs hauts-justiciers sur les produits des mines; à l'égard des propriétaires directs du terrain, il ne leur était, la plupart du temps, réservé qu'une indemnité pour les dommages causés au sol. En maintenant ces concessions anciennes, la loi de 1810 a dû, pour respecter le principe de non-rétroactivité, énoncer que s'il existait des conventions avec les propriétaires de la surface, elles seraient exécutées. C'est dans ce même esprit de transaction entre le passé et le présent que l'article 53 a également astreint les anciens exploitants qui obtiendraient les concessions de leurs exploitations, à payer les redevances tréfoncières qui pourraient résulter des traités antérieurs. Mais pour les concessions nouvelles, la loi a voulu que ce fût exclusivement le Gouvernement qui réglât ces rétributions, que lui seul pût imposer ces charges aux concessionnaires.

S'il en était autrement, en effet, l'intérêt public en souffrirait un grave préjudice. Les mines sont une des sources essentielles de la richesse nationale. Il importe que leurs produits, et surtout les combustibles minéraux, puissent être livrés à bas prix au consommateur. Cela serait impossible si la redevance tréfoncière, qui est un élément notable du prix de revient, était trop élevée. L'aménagement des mines pourrait être en outre compromis. Les concessionnaires qui auraient imprudemment souscrit envers certains propriétaires ces servitudes onéreuses, chercheraient ensuite à ne porter leurs travaux que sur les portions du sol qui se trouveraient affranchies de ces charges; quant aux autres terrains, ils ne les exploiteraient pas, ou bien ils se borneraient à y extraire les gîtes situés à une petite profondeur et n'y entreprendraient

aucun ouvrage d'art. Une quantité considérable de la richesse minérale serait ainsi perdue au détriment du public et des propriétaires du sol eux-mêmes, qui, par leurs prétentions excessives, se seraient privés du profit légitime qu'un taux modéré de la redevance leur aurait acquis.

C'est afin de prévenir ces inconvénients qu'on insère dans les ordonnances de concessions de mines une clause portant que les dispositions de ces ordonnances qui fixent le tarif de la redevance tréfoncière seront applicables nonobstant toutes stipulations contraires entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface. Nous ne pouvons que nous référer à ce sujet aux considérations que nous avons exposées dans les *Annales des mines* (4e série, tome III, page 853).

Cette même clause, insérée dans l'ordonnance du 13 janvier 1842 qui a concédé les mines de la *Péronnière*, ne laissait, dans ses termes si explicites, rien de douteux sur la quotité de la redevance que l'on avait entendu fixer. L'interprétation que demandaient les sieurs Flachat et consorts se trouvait donc évidemment sans objet.

Et quant au droit qu'avait le gouvernement de déterminer ladite redevance et de déclarer non avenus les traités antérieurs, il ressortait de toutes les règles de la matière. La concession avait été faite par l'autorité administrative dans les limites précises de ses pouvoirs; les réclamants étaient donc aussi sans fondement pour l'attaquer.

Par ces divers motifs, leur requête a été rejetée par ordonnance du 24 janvier 1846 (1).

MINES. — REDEVANCE PROPORTIONNELLE.

La redevance proportionnelle à laquelle les mines sont assujetties sur leurs produits, n'est due que sur le bénéfice net des extractions.

En conséquence, lors même qu'une mine de fer est exploitée par un maître de forges pour le service

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 636.

de son usine, cette redevance ne peut être perçue sur la valeur des produits fabriqués.

La mine de fer de Massevaux, située dans le département du Haut-Rhin et exploitée pour le service de l'usine du même nom par MM. Stehlin et Hüber, fermiers de M. le duc de Broglie et de M. le comte et madame la comtesse de l'Aigle, a été imposée, en ce qui concerne la redevance proportionnelle de 1837, sur le produit net de 1836 du haut fourneau de Massevaux.

Le bénéfice de l'usine ayant été arrêté par le comité d'évaluation à la somme de 37.370 fr., la redevance proportionnelle a été fixée, en principal, à celle de 1.868 fr. 50c.

MM. Stehlin et consorts ont réclamé contre le mode suivi pour l'évaluation de cette redevance.

D'après la loi du 21 avril 1810 et le décret du 6 mai 1811, les mines seules sont assujetties à la redevance proportionnelle. Il avait été question, lors de la discussion de cette loi, d'y soumettre également les usines, mais la proposition ne fut point admise. On décida que celles-ci payeraient une taxe fixe une fois payée, et les maîtres de forges demeurèrent soumis à la patente. Imposer les mines de fer sur les produits fabriqués, c'était par le fait frapper les usines d'une contribution qui ne rentrait pas dans les dispositions de la loi. Peu importe que le propriétaire de la mine possède en même temps des forges dans lesquelles il en consomme les produits. Cela ne change rien au principe d'après lequel chaque espèce d'impôt doit être perçu.

Le règlement qui avait été fait de la redevance de la mine de Massevaux étant contraire à ce principe, le pourvoi auquel il avait donné lieu a été admis par une ordonnance du 4 juin 1839, dont nous avons rendu compte dans le temps (1), et qui décide que : « *la redevance proportionnelle à imposer sur la mine de Massevaux, pour l'exercice 1837, sera rétablie d'après le produit net de l'extraction du minerai.* »

Sur la demande des fermiers de Massevaux, et conformément à cette ordonnance, il a dû être procédé à une nouvelle fixation de ladite redevance. Deux éléments devaient être pris en considération pour déterminer le mon-

(1) Voir *Annales des mines*, 3e série, t. XV, p. 665 et suiv.

tant du produit net de la mine de Massevaux, savoir : la *valeur vénale* du minerai et son *prix de revient*, la différence des deux valeurs donnant le chiffre du produit imposable. Il était facile, d'après les états d'exploitation, de connaître le prix de revient du minerai. Quant à la valeur vénale des matières extraites, elle ne pouvait être estimée qu'*approximativement*, puisque les exploitants consommaient dans leur haut-fourneau tout le minerai de Massevaux, sans en vendre aucune partie. Il y avait lieu, dans ces circonstances, de rechercher et de comparer entre eux les *prix marchands* des différents minerais de fer extraits des localités voisines et présentant de l'analogie avec le minerai de Massevaux, par leur qualité et les divers éléments du prix de revient.

Ce mode de procéder satisfait, autant qu'il est possible, à l'esprit de la loi, qui veut que la redevance proportionnelle soit assise sur le produit net *présumé* de l'exploitation. C'est ce mode qui a été suivi par l'ingénieur des mines du département.

Cet ingénieur a opéré, comme nous venons de le dire, en déduisant, par comparaison, le prix des minerais de Massevaux, de la valeur marchande des minerais du Haut-Rhin qui proviennent des mines de Courtavon et sont consommés dans les hauts-fourneaux de Lucelle et de Chatenois. Il est arrivé ainsi à fixer le prix du quintal métrique à 3 fr. 25 c. et le produit brut des mines à 34.170 fr. Les frais d'extraction s'étant élevés à 23.450 fr., le bénéfice net a été évalué à 10.720 fr. En conséquence, l'ingénieur a conclu, dans son rapport, approuvé par l'ingénieur en chef, à ce que la redevance proportionnelle des mines de Massevaux, pour l'exercice 1837, fût réduite de la somme de 1.868 fr. 50 c., montant de la fixation première, à celle de 536 fr en principal.

Le directeur des contributions a émis un avis conforme à celui des ingénieurs.

Dans cet état des choses, MM. Stehlin et Hüber prétendant que la mine de Massevaux ne devait être soumise pour cet exercice à aucune redevance, le préfet a fait procéder à une expertise, conformément à l'art. 49 du décret du 6 mai 1811, pour le cas où les redevables et les agents de l'administration ne conviennent pas de la surtaxe. Les experts tout en adoptant le mode d'évaluation de l'ingénieur des mines, ont rejeté quelques-uns

des éléments d'appréciation dont il s'était servi. Ils ont pensé qu'on ne pouvait établir de rapprochement entre les minerais de Massevaux et ceux de Chatenois, dont le haut prix était, suivant eux, l'unique cause du chômage du haut-fourneau de ce nom. Ils se sont bornés, en conséquence, à comparer les minerais de Massevaux à ceux de Courtavon et de Saulnot, et ils ont été conduits à des résultats différents. Il résulte du procès-verbal d'expertise dressé par le contrôleur des contributions, en exécution de l'art. 50 du décret précité, que l'exploitation de la mine de Massevaux avait été en perte en 1838.

L'ingénieur ordinaire des mines, présent à l'expertise, s'est réuni à l'avis des experts. L'ingénieur en chef et le directeur des contributions ont combattu leurs conclusions.

Le conseil de préfecture du Haut-Rhin, auquel l'affaire a été soumise, a adopté l'opinion du directeur des contributions et de l'ingénieur en chef, et il a pris un arrêté en conséquence le 4 septembre 1840.

Ce même arrêté maintient à la somme de 671 fr. 80 c. la fixation de la redevance de l'exercice de 1838, laquelle avait été contestée également par les parties intéressées. Cette réclamation avait été rejetée par un précédent arrêté du conseil du 25 mai 1839, et cet arrêté avait acquis force de chose jugée, puisqu'il n'était point intervenu de décision souveraine en prononçant l'annulation, comme cela avait eu lieu d'après le pourvoi de MM. Stehlin et Hüber à l'égard de l'exercice 1837. Les réclamants reproduisaient devant le conseil de préfecture, leur demande en dégrèvement pour l'exercice 1838, en se fondant sur ce que le principe posé par l'ordonnance du 4 juin 1839, devait s'appliquer à la fixation de la redevance proportionnelle des mines de Massevaux pour l'année 1838, comme pour l'année 1837. Les ingénieurs, sur ce point, admettaient leurs prétentions. Ce système était contraire aux principes sur l'autorité de la chose jugée. Les fermiers de Massevaux devaient être déclarés non recevables dans leur demande, en ce qui concerne l'exercice 1838, du moment qu'ils ne s'étaient pas pourvus dans la forme ordinaire, pour faire annuler, s'il y avait lieu, l'arrêté du 26 mai 1839. En outre, la redevance de 1838 ne pouvait pas être modifiée dans le sens des propositions des ingénieurs, tendantes à ce

ce qu'elle fût portée à la somme de 815 fr. 20 c., attendu qu'une fois que la quote-part d'un contribuable a été fixée par le comité d'évaluation, elle ne saurait, d'après les réglements, être augmentée pour la même année. C'est donc avec raison que le conseil de préfecture, conformément à l'avis du directeur des contributions directes, a prononcé le maintien de la redevance pour l'exercice 1838.

MM. Stehlin et Hüber ont formé un pourvoi contre l'arrêté du 4 septembre 1840, mais seulement en ce qui concerne celles de ses dispositions qui ont fixé la redevance proportionnelle de la mine de Massevaux, pour l'exercice 1837, à la somme de 536 fr. en principal. Ils ont discuté de nouveau le mode d'évaluation et les calculs admis par l'ingénieur en chef et le directeur des contributions, en opposant à ces derniers le rapport des experts et le second avis de l'ingénieur ordinaire; et ils ont conclu à être déchargés de toute redevance pour ledit exercice.

Ce pourvoi a été communiqué à M. le ministre des travaux publics. Le conseil général des mines, appelé à examiner cette affaire, a pensé que le mode d'évaluation adopté par l'ingénieur ordinaire des mines, dans son premier rapport, présentait toutes les garanties désirables en faveur des concessionnaires. Il lui a paru toutefois que quelques-uns des éléments de l'évaluation consacrée par le conseil de préfecture pouvaient être modifiés, et il proposait en conséquence de fixer la redevance de 1837 à la somme de 639 fr. en principal et accessoires.

M. le ministre des travaux publics a adopté ces conclusions.

Le conseil d'État a jugé qu'il résultait de l'instruction que la redevance proportionnelle de la mine de Massevaux, fixée par le conseil de préfecture du Haut-Rhin à la somme de 536 fr. en principal, n'était point exagérée. En conséquence, la requête de MM. Hüber et Stehlin a été rejetée par une ordonnance royale du 1er mai 1846 (1).

---

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 6[illegible].

USINES.

Les augmentations ou modifications apportées à une usine autorisée par un ancien arrêt du conseil, constituent un établissement nouveau qui ne peut être maintenu qu'en vertu d'une ordonnance royale.

Le permissionnaire doit être soumis au payement de la taxe fixe établie par l'article 75 de la loi du 21 avril 1810.

Une ordonnance qui règle le régime des eaux d'une usine, qui détermine les conditions de l'autorisation, est un acte purement administratif qui ne peut être attaqué au contentieux qu'au cas où les formalités prescrites par les lois ou règlements n'ont pas été remplies.

Aucune disposition de lois ou de règlements n'exige que les rapports des ingénieurs soient soumis à une enquête spéciale à peine de nullité.

Une ordonnance royale du 1er décembre 1841 a autorisé le maintien de l'usine à fer du Buisson, sur la Blaise, commune de Louvemont (Haute-Marne).

Cette ordonnance porte obligation pour le permissionnaire, le sieur Danelle : 1° de remplir certaines conditions dans l'intérêt des propriétaires inférieurs, notamment de construire des bassins d'épuration des eaux de lavage du minerai, et d'établir deux vannes de compensation destinées à transmettre les eaux de la Blaise d'une manière régulière au moulin de Louvemont appartenant aux sieurs Pansé ; 2° de payer une taxe fixe de 300 fr., conformément à l'art. 75 de la loi du 21 avril 1810.

D'après l'ordonnance, l'usine était composée d'un haut-fourneau, de trois chaufferies à la houille, d'un bocard à crasses et d'un bocard avec patouillet.

Le sieur Danelle s'est pourvu contre cette ordonnance par la voie contentieuse ; il a soutenu que, d'après l'art. 78 de la loi du 21 avril 1810, il était dispensé de demander le maintien de son usine, qui existait de temps immémorial, et qui avait été autorisée par un ancien règlement du grand-maître des eaux-et-forêts, du 18 août 1731,

homologué par un arrêt du conseil, du 17 mars 1731; que, du moins, il devait être confirmé purement et simplement dans la possession de cet établissement, sans pouvoir être assujetti à d'autres conditions que celles des règlement et arrêt précités; qu'en ce qui concerne les obligations nouvelles qui lui avaient été imposées, l'ordonnance de 1841 portait atteinte à ses droits de propriété, en grévant l'usine du Buisson de servitudes onéreuses envers les propriétaires du moulin de Louvemont, et excédait, sous ce rapport, les pouvoirs d'un acte administratif et réglementaire.

Le sieur Danelle a aussi prétendu que l'instruction était entachée d'irrégularités qui devaient en entraîner la nullité. Il s'est plaint de n'avoir pas eu connaissance de l'opposition faite par les sieurs Pansé, et des changements introduits dans les propositions des ingénieurs des ponts-et-chaussées à la suite de cette réclamation. Selon lui, l'opposition n'avait pas été notifiée à la partie intéressée, conformément à la loi, et la seconde enquête prescrite par la circulaire du 16 novembre 1834 n'avait pas eu lieu.

Le réclamant a invoqué encore différents moyens qui, en les supposant fondés, auraient pu motiver une révision de l'ordonnance par l'autorité administrative, mais qui n'étaient pas de nature à donner ouverture à un pourvoi par la voie contentieuse. Ainsi il a opposé, dans sa requête : 1° que l'ordonnance ne mentionnait, dans la consistance de l'usine, qu'un seul bocard avec patouillet, et un bocard à crasses, au lieu d'indiquer deux bocards avec patouillets qui existaient lors de la promulgation de la loi du 21 avril 1810, et au moment même de la demande; 2° que l'article 1er de l'ordonnance portait que les chaufferies *marcheront à la houille*, ce qui pouvait avoir pour effet d'empêcher le rétablissement d'anciens feux d'affinerie au charbon de bois; 3° qu'il n'était pas fait mention, dans l'ordonnance, de fours à réverbère pour le puddlage de la fonte; 4° qu'enfin la désignation de l'usine ne comprenait pas non plus un moulin à blé dont l'établissement était antérieur à 1810.

En concluant à la réformation de l'ordonnance, en ce

qu'elle préjudiciait à ses droits et intérêts, le sieur Danelle demandait, du reste, subsidiairement à être renvoyé par devant l'administration, pour qu'il fût procédé à une nouvelle instruction de l'affaire, dans le cas où il serait admis par le conseil d'État qu'il devait être tenu de se pourvoir d'un nouveau titre d'autorisation.

M. le ministre des travaux publics, auquel le pourvoi a été communiqué, a pensé, avec le conseil général des mines, que l'ancien règlement produit par le demandeur ne pouvait le dispenser de faire régulariser par une ordonnance royale les modifications apportées à la consistance de l'établissement; il a fait remarquer que, d'après le règlement de 1731, l'usine du Buisson se composait à cette époque d'un haut-fourneau, de trois affineries et d'une chaufferie, et qu'il résultait de l'instruction que d'importants changements avaient été apportés depuis; que les feux d'affinerie notamment avaient été remplacés par des chaufferies à la houille; que, dans ces circonstances, le sieur Danelle avait dû se pourvoir d'une permission, dans les formes voulues par la loi; que le demandeur lui-même avait reconnu cette nécessité, en présentant, en 1834, une pétition tendante à obtenir l'autorisation de maintenir son usine; que, par la même raison, il y avait obligation pour ledit sieur Danelle d'acquitter la taxe fixe de l'art. 75 de la loi du 21 avril 1810, et de se conformer aux autres conditions prescrites par l'ordonnance de permission; qu'à cet égard le demandeur était d'autant moins recevable à attaquer l'ordonnance du 1er décembre 1841, que d'après l'art. 78 de la loi précitée, il pouvait être tenu de payer un triple droit de permission pour chacune des années pendant lesquelles il avait négligé de se mettre en règle.

M. le ministre a fait remarquer, d'un autre côté, que suivant les lois du 20 août 1790 et 10 octobre 1791, l'administration a le droit et le devoir de régler le régime des eaux des moulins et usines, de manière qu'il n'en résulte préjudice pour personne; que l'administration peut encore prescrire, à l'égard des anciennes usines à fer, toutes les dispositions qu'elle juge susceptibles de prévenir ou de faire cesser les dommages; que ni la longue possession ni les dispositions de l'art. 78 de la loi du 21 avril 1810, ne peuvent être un obstacle à l'exercice de ce

droit (1); qu'il est incontestable que, pour une usine récemment autorisée, s'il était reconnu que la hauteur ou la transmission des eaux sont préjudiciables à des tiers, l'administration pourrait, en vertu desdites lois, modifier les dispositions d'une précédente ordonnance; que le même droit subsiste tout entier à l'égard des anciens établissements, etc.

Les griefs articulés par le demandeur au sujet de la consistance de l'usine, n'étaient pas mieux fondés. Il a été établi en effet par l'instruction que la désignation des ateliers faite dans l'ordonnance, correspondait exactement à l'état *actuel* de l'usine, tandis que les modifications réclamées par le sieur Danelle se référaient à l'*ancienne* consistance de l'établissement.

Relativement au régime des eaux, le ministre, sans s'expliquer sur la question concernant le préjudice que pouvaient causer au demandeur quelques dispositions de l'ordonnance, a pensé que ces dispositions ayant été proposées par les ingénieurs des ponts-et-chaussées, à la suite de l'opposition qui était intervenue, celles-ci auraient dû être, ainsi que la réclamation des sieurs Pansé, portées à la connaissance de la partie intéressée, suivant les formes ordinaires. Comme il ne paraissait pas que ces formes eussent été observées, que l'instruction eût été, à cet égard, contradictoire et régulière, le ministre concluait à ce que, sous ce rapport seulement, le pourvoi du sieur Danelle fût admis.

Les sieurs Pansé sont intervenus pour demander le rejet de ce pourvoi et le maintien des dispositions attaquées. Ils ont démontré que le sieur Danelle avait eu réellement connaissance de leur opposition; que cette opposition lui avait été signifiée à leur requête, par acte extrajudiciaire du 17 mai 1842.

Dans ces circonstances, il n'y avait plus à examiner, relativement à la régularité de l'instruction, que la question de savoir si la seconde enquête indiquée par une circulaire de l'administration, du 16 novembre 1834, était une formalité substantielle dont l'omission pût être une cause de nullité. La voie contentieuse n'étant ouverte

(1) Voir les ordonnances des 1er juillet 1839 (*Annales des mines*, 3e série, tome XVI, p. 716); 29 juin 1844 (4e série, tome V, p. 685); 2 mai 1845 (tome VII, p. 560).

contre les actes administratifs que dans le cas de violation des formes prescrites par les lois et règlements d'administration publique, l'enquête dont il est question n'étant exigée ni par une loi ni par un règlement, le conseil d'État a jugé que l'instruction ne pouvait être viciée par cela seul que cette formalité n'avait pas eu lieu.

Sur les autres points de l'affaire, le conseil a partagé l'avis du ministre des travaux publics. Le pourvoi du sieur Danelle a été en conséquence rejeté par une ordonnance du 2 février 1846 (1).

(1) Voir cette ordonnance, ci-après, page 638.

ORDONNANCES DU ROI

ET DÉCISIONS DIVERSES,

Concernant les mines, usines, etc.

PREMIER SEMESTRE 1846.

Ordonnance du 17 janvier 1846, relative aux bateaux à vapeur qui naviguent sur mer.

Bateaux à vapeur.

LOUIS-PHILIPPE, etc.,

Sur le rapport de notre Ministre Secrétaire d'Etat au département des travaux publics;

Vu les ordonnances des 2 avril 1823 et 25 mai 1828, sur les bateaux à vapeur;

Les rapports de la commission centrale des machines à vapeur établie près de notre ministre des travaux publics;

Notre conseil d'État entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La construction et l'emploi des bateaux à vapeur français qui naviguent sur mer sont assujettis aux dispositions suivantes.

TITRE PREMIER.

DES PERMIS DE NAVIGATION.

SECTION Ire. — FORMALITÉS PRÉLIMINAIRES.

Art. 2. Aucun bateau à vapeur ne pourra naviguer sur mer sans un permis de navigation, et ce indépendamment de l'exécution des conditions imposées à tous les navires de commerce français, tant par le Code de commerce que par les lois et règlements sur la navigation.

Art. 3. Toute demande en permis de navigation sera

adressée, par le propriétaire du bateau, au préfet du département où se trouvera le port d'armement.

Art. 4. Dans sa demande, le propriétaire fera connaître :

1° Le nom du bateau ;

2° Ses principales dimensions, son tirant d'eau à vide, et sa charge maximum, exprimée en tonneaux de 1.000 kilogrammes ;

3° La force de l'appareil moteur, exprimée en chevaux (le cheval-vapeur étant la force capable d'élever un poids de 75 kilogrammes à un mètre de hauteur dans une seconde de temps) ;

4° La pression, évaluée en nombre d'atmosphères, sous laquelle cet appareil fonctionnera ;

5° La forme de la chaudière ;

6° Le service auquel le bateau sera destiné ;

7° Le nombre maximum des passagers qui pourront être reçus dans le bateau.

Un dessin géométrique de la chaudière sera joint à la demande.

Cette demande sera renvoyée par le préfet à la commission de surveillance instituée conformément à l'article 47 de la présente ordonnance.

SECTION II. — Visites et essais des bateaux a vapeur.

Art. 5. La commission de surveillance visitera le bateau à vapeur, à l'effet de s'assurer :

1° S'il est construit avec solidité, s'il réunit les conditions de stabilité nécessaires pour la navigation maritime, et si l'on a pris toutes les précautions requises pour le cas où il serait destiné à un service de passagers ;

2° Si l'appareil moteur a été soumis aux épreuves voulues, et s'il est pourvu des moyens de sûreté prescrits par la présente ordonnance ;

3° Si la chaudière, en raison de sa forme, du mode de jonction de ses diverses parties, de la nature des matériaux avec lesquels elle est construite, ne présente aucune cause particulière de danger ;

4° Si l'on a pris toutes les précautions nécessaires pour prévenir les chances d'incendie.

Art. 6. Après la visite, la commission assistera à un essai du bateau à vapeur. Elle vérifiera si l'appareil mo-

teur a une force suffisante pour le service auquel ce bateau sera destiné, et elle constatera :

1° Le tirant d'eau du bateau ;

2° La vitesse du bateau dans les différentes circonstances de l'essai ;

3° Les divers degrés de tension de la vapeur, dans l'appareil moteur, pendant la marche du bateau.

Art. 7. La commission dressera un procès-verbal de la visite et de l'essai du bateau à vapeur, et adressera ce procès-verbal au préfet du département.

Art. 8. Si la commission est d'avis que le permis de navigation peut être accordé, elle proposera les conditions auxquelles ce permis pourra être délivré ; elle indiquera notamment les agrès et instruments et le nombre des embarcations dont le bateau devra être pourvu.

Dans le cas contraire, elle exposera les motifs pour lesquels elle jugera qu'il est convenable de surseoir à la délivrance du permis, ou même de le refuser.

SECTION III.—Délivrance des permis de navigation.

Art. 9. Si, après avoir reçu le procès-verbal de la commission de surveillance, le préfet reconnaît que le propriétaire du bateau à vapeur a satisfait à toutes les conditions exigées par la présente ordonnance, il délivrera le permis de navigation.

Art. 10. Dans le permis de navigation seront énoncés :

1° Le nom du bateau et le nom du propriétaire ;

2° La hauteur de la ligne de flottaison, rapportée à des points de repère invariablement établis à l'avant, à l'arrière et au milieu du bateau ;

3° Le service auquel le bateau est destiné ;

4° Le nombre maximum des passagers qui pourront être reçus à bord ;

5° La tension maximum de la vapeur, exprimée en atmosphères et en fractions décimales d'atmosphère, sous laquelle l'appareil moteur pourra fonctionner ;

6° Les numéros des timbres dont les chaudières, tubes bouilleurs, cylindres et enveloppes de cylindre auront été frappés, ainsi qu'il est prescrit à l'article 21 ;

7° Le diamètre des soupapes de sûreté et leur charge, telle qu'elle aura été réglée conformément aux articles 26 et 27 ;

8° Le nombre des embarcations, ainsi que les agrès et instruments nécessaires à la navigation maritime, dont le bateau devra être pourvu.

Le préfet prescrira, en outre, dans le permis, toutes les mesures d'ordre et de police locale nécessaires. Il enverra copie de son arrêté à notre ministre des travaux publics.

SECTION IV. — Des autorisations provisoires de navigation.

Art. 12. Si le bateau a été muni de son appareil moteur dans un département autre que celui où il doit entrer en service, le propriétaire devra obtenir du préfet du premier de ces départements une autorisation provisoire de navigation pour faire arriver le bateau au lieu de sa destination. La commission de surveillance sera consultée sur la demande.

SECTION V. — Disposition transitoire.

Art. 13. Il est accordé aux détenteurs actuels de permis de navigation un délai de trois mois, à dater de la publication de la présente ordonnance, pour se conformer aux dispositions qui précèdent, et demander un nouveau permis, qui leur sera délivré, s'il y a lieu, par l'autorité compétente. Passé ce délai, les anciens permis de navigation seront considérés comme non avenus.

TITRE II.

DES MACHINES A VAPEUR SERVANT DE MOTEURS AUX BATEAUX.

SECTION Ire. — Dispositions relatives a la fabrication et au commerce des machines employées sur les bateaux.

Art. 14. Aucune machine à vapeur destinée à un service de navigation ne pourra être livrée par un fabricant si elle n'a subi les épreuves prescrites ci-après.

Art. 15. Les épreuves seront faites à la fabrique, par ordre du préfet, sur la déclaration du fabricant.

Art. 16. Les machines venant de l'étranger devront être pourvues des mêmes appareils de sûreté que les

machines d'origine française, et subir les mêmes épreuves. Ces épreuves seront faites au lieu désigné par le destinataire dans la déclaration qu'il devra faire à l'importation.

SECTION II. — ÉPREUVES DES CHAUDIÈRES ET DES AUTRES PIÈCES CONTENANT LA VAPEUR.

Art. 17. Les chaudières à vapeur, leurs tubes bouilleurs et les réservoirs à vapeur, les cylindres en fonte des machines à vapeur et les enveloppes en fonte de ces cylindres, ne pourront, sauf l'exception portée à l'article 25, être établis à bord des bateaux sans avoir été préalablement soumis par les ingénieurs des mines, ou, à leur défaut, par les ingénieurs des ponts-et-chaussées, à une épreuve opérée à l'aide d'une pompe de pression.

L'usage des chaudières et des tubes bouilleurs en fonte est prohibé dans les bateaux à vapeur.

Art. 18. La pression d'épreuve prescrite par l'article précédent sera *triple* de la pression effective, ou autrement, de la plus grande tension que la vapeur pourra avoir dans les chaudières, leurs tubes bouilleurs, et autres pièces contenant la vapeur, diminuée de la pression extérieure de l'atmosphère.

Art. 19 On procédera aux épreuves en chargeant les soupapes de sûreté des chaudières de poids proportionnels à la pression effective, et déterminés suivant la règle indiquée en l'article 28.

A l'égard des autres pièces, la charge d'épreuve sera appliquée sur la soupape de la pompe de pression.

Art. 20. L'épaisseur des parois des chaudières cylindriques, en tôle ou en cuivre laminé, sera réglée conformément à la table n° 1, annexée à la présente ordonnance.

L'épaisseur de celles de ces chaudières qui, par leurs dimensions et par la pression de la vapeur, ne se trouveraient pas comprises dans la table, sera determinée d'après la règle énoncée à la suite de ladite table; toutefois, cette épaisseur ne pourra dépasser 15 millimètres.

Les épaisseurs de la tôle devront être augmentées s'il s'agit de chaudières formées, en partie ou en totalité, de faces planes ou bien de conduits intérieurs, cylindriques ou autres, traversant l'eau ou la vapeur, et servant soit de

foyers, soit à la circulation de la flamme. Ces chaudières et conduits devront de plus être, suivant les cas, renforcés par des armatures suffisantes.

Art. 21. Après qu'il aura été constaté que les parois des chaudières ont les épaisseurs voulues, et après l'épreuve, on appliquera aux chaudières, à leurs tubes bouilleurs et aux réservoirs de vapeur, aux cylindres en fonte des machines à vapeur et aux enveloppes en fonte de ces cylindres, des timbres indiquant, en nombre d'atmosphères, le degré de tension intérieure que la vapeur ne devra pas dépasser. Ces timbres seront placés de manière qu'ils soient toujours apparents.

Art. 22. L'épreuve sera renouvelée après l'installation de la machine dans le bateau : 1° si le propriétaire le réclame; 2° s'il y a eu pendant le transport, ou lors de la mise en place, quelques avaries; 3° s'il a été fait à la chaudière des modifications ou réparations quelconques depuis la première épreuve; 4° si la commission de surveillance le juge utile.

Art. 21. Les chaudières à vapeur, leurs tubes bouilleurs et autres pièces contenant la vapeur, devront être éprouvés de nouveau toutes les fois qu'il sera jugé nécessaire par les commissions de surveillance.

Quand il aura été fait aux chaudières et autres pièces des changements ou réparations notables, les propriétaires des bateaux à vapeur seront tenus d'en donner connaissance au préfet. Il sera nécessairement procédé, dans ce cas, à de nouvelles épreuves.

Art. 24. L'appareil et la main-d'œuvre nécessaires pour les épreuves seront fournis par les propriétaires des machines et des chaudières à vapeur.

Art. 25. Les chaudières qui auront des faces planes seront dispensées de l'épreuve, mais sous la condition que la force élastique, ou la tension de la vapeur, ne devra pas s'élever, dans l'intérieur de ces chaudières, à plus d'*une atmosphère et demie*.

SECTION III. — Des appareils de sureté dont les chaudières a vapeur doivent être munies.

§ Ier. *Des soupapes de sûreté.*

Art. 26. Il sera adapté à la partie supérieure de chaque chaudière deux soupapes de sûreté. Ces soupapes

seront placées vers chaque extrémité de la chaudière, et à la plus grande distance possible l'une de l'autre.

Le diamètre des orifices de ces soupapes sera réglé d'après la surface de chauffe de la chaudière et la tension de la vapeur dans son intérieur, conformément à la table n° 2, annexée à la présente ordonnance.

Art. 27. Chaque soupape sera chargée d'un poids unique, agissant soit directement, soit par l'intermédiaire d'un levier.

Chaque poids recevra l'empreinte d'un poinçon apposée par la commission de surveillance. Les leviers seront également poinçonnés, s'il en est fait usage. La quotité du poids et la longueur du levier seront énoncées dans le permis de navigation

Art. 28. La charge maximum de chaque soupape de sûreté sera déterminée en multipliant 1k.033 par le nombre d'atmosphères mesurant la pression effective, et par le nombre de centimètres carrés mesurant l'orifice de la soupape.

La largeur de la surface annulaire de recouvrement ne devra pas dépasser la trentième partie du diamètre de la surface circulaire exposée directement à la pression de la vapeur, et cette largeur, dans aucun cas, ne devra excéder deux millimètres.

Art. 29. Il sera de plus adapté à la partie supérieure des chaudières à faces places, dont il est fait mention à l'article 25, une soupape atmosphérique, c'est-à-dire ouvrant du dehors au dedans.

§ II. *Des manomètres.*

Art. 30. Chaque chaudière sera munie d'un manomètre à mercure, gradué en atmosphères et en fractions décimales d'atmosphère, de manière à faire connaître immédiatement la tension de la vapeur dans la chaudière.

Le tuyau qui amènera la vapeur au manomètre sera adapté directement sur la chaudière, et non sur le tuyau de prise de vapeur ou sur tout autre tuyau dans lequel la vapeur serait en mouvement.

Le manomètre sera placé en vue du chauffeur.

Art. 31. On fera usage du manomètre à air libre, c'est-à-dire ouvert à sa partie supérieure, toutes les fois

que la pression effective de la vapeur ne dépassera pas deux atmosphères.

Art. 32. On tracera sur l'échelle de chaque manomètre, d'une manière très-apparente, une ligne qui répondra au numéro de cette échelle que le mercure ne devra pas habituellement dépasser.

§ III. *De l'alimentation et des indicateurs du niveau de l'eau dans les chaudières.*

Art. 33. Chaque chaudière sera munie d'une pompe alimentaire bien construite et en bon état d'entretien.

Indépendamment de cette pompe, mise en mouvement par la machine motrice du bateau, chaque chaudière sera pourvue d'une autre pompe pouvant fonctionner soit à l'aide d'une machine particulière, soit à bras d'homme, et destinée à alimenter la chaudière, s'il en est besoin, lorsque la machine motrice du bateau ne fonctionnera pas.

Art. 34. Le niveau que l'eau doit avoir habituellement dans la chaudière sera indiqué, à l'extérieur, par une ligne tracée d'une manière très-apparente sur le corps de la chaudière ou sur le parement du fourneau.

Cette ligne sera d'un décimètre au moins au-dessus de la partie la plus élevée des carneaux, tubes ou conduits de la flamme et de la fumée dans le fourneau.

Art. 35. Il sera adapté à chaque chaudière : 1° deux tubes indicateurs en verre, qui seront placés un à chaque côté de la face antérieure de la chaudière ; 2° l'un des deux appareils suivants, savoir : un flotteur d'une mobilité suffisante; des robinets indicateurs, convenablement placés à des niveaux différents. Les appareils indicateurs seront, dans tous les cas, disposés de manière à être en vue du chauffeur.

SECTION IV. — Des chaudières multiples.

Art. 36. Si plusieurs chaudières sont établies dans un bateau, elles ne pourront être mises en communication que par les parties toujours occupées par la vapeur, et cette communication sera disposée de manière que les chaudières puissent, au besoin, être rendues indépendantes les unes des autres.

Dans tous les cas, chaque chaudière sera alimentée sé-

parément, et devra être munie de tous les appareils de sûreté prescrits par la présente ordonnance.

SECTION V. — De l'emplacement des appareils moteurs.

Art. 37. L'emplacement des appareils moteurs devra être assez grand pour qu'on puisse facilement faire le service des chaudières et visiter toutes les parties des appareils.

Cet emplacement sera séparé des salles des passagers par des cloisons en planches, très-solidement construites et entièrement revêtues d'une doublure en feuille de tôle, à recouvrement, d'un millimètre d'épaisseur au moins.

TITRE III.

DES ÉQUIPAGES ET DU SERVICE DES BATEAUX A VAPEUR.

Art. 38. Indépendamment du capitaine, maître ou timonier, et des matelots formant l'équipage, il y aura à bord de chaque bateau au moins un mécanicien et autant de chauffeurs que le service de l'appareil moteur l'exigera.

Art. 39. Le capitaine, indépendamment du brevet, soit de capitaine au long cours, soit de maître au cabotage, dont il devra être pourvu en raison de la destination du bâtiment, devra, conformément au mode qui sera déterminé par notre ministre des travaux publics, justifier qu'il possède les connaissances nécessaires pour diriger la marche d'un bâtiment à vapeur et surveiller les opérations du mécanicien.

Art. 40. Nul ne pourra être employé en qualité de mécanicien, s'il ne produit des certificats de capacité, délivrés dans les formes qui seront déterminées par notre ministre des travaux publics.

Art. 41. Le mécanicien, sous l'autorité du capitaine, présidera à la mise en feu avant le départ; il entretiendra toutes les parties de l'appareil moteur; il s'assurera qu'elles fonctionnent bien, et que les chauffeurs sont en état de bien faire leur service. Pendant le voyage, il dirigera les chauffeurs et s'occupera constamment de la conduite de la machine.

Art. 42. Le capitaine inscrira sur le journal de bord toutes les circonstances relatives à la marche de l'appareil moteur qui seront dignes de remarque.

Art. 43. Il est défendu aux propriétaires de bateaux à vapeur et à leurs agents de faire fonctionner les appareils moteurs sous une pression supérieure à la pression déterminée dans le permis de navigation, et de rien faire qui puisse détruire ou diminuer l'efficacité des moyens de sûreté dont ces appareils seront pourvus.

Art. 44. Il est interdit de laisser aucun passager s'introduire dans l'emplacement de l'appareil moteur.

Art. 45. Il sera ouvert dans chaque bateau un registre dont toutes les pages seront cotées et paraphées par le maire de la commune où est situé le port d'armement, et sur lequel les passagers auront la faculté de consigner leurs observations, en ce qui pourrait concerner le départ, la marche du bateau, les avaries ou accidents quelconques, et la conduite de l'équipage : ces observations devront être signées par les passagers qui les auront faites. Le capitaine pourra également consigner sur ce registre les observations qu'il jugerait convenables, ainsi que tous les faits qu'il lui paraîtrait important de faire attester par les passagers.

Art. 46. Dans chaque salle où se tiennent les passagers il sera affiché une copie du permis de navigation et un tableau indiquant :

1° La durée moyenne des voyages ;
2° La durée des relâches ;
3° Le nombre maximum des passagers ;
4° La faculté qu'ils ont de consigner leurs observations sur le registre ouvert à cet effet ;
5° Le tarif des places.

TITRE IV.

DE LA SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE DES BATEAUX A VAPEUR.

Art. 47. Une commission de surveillance sera instituée par le préfet du département, dans chaque port où la navigation à la vapeur est en usage.

Les ingénieurs des mines et les ingénieurs des ponts-et-chaussées en résidence dans les ports, les officiers du

génie maritime, le commissaire ou préposé à l'inscription maritime et le capitaine, lieutenant ou maître de port résidant sur les lieux, feront nécessairement partie de ces commissions.

Art. 48. Les commissions de surveillance, indépendamment des fonctions qui leur sont attribuées par les articles 5, 6, 7 et 8 ci-dessus, visiteront les bateaux à vapeur au moins tous les trois mois, et chaque fois que le préfet le jugera convenable.

Les membres de ces commissions pourront, en outre, faire individuellement des visites plus fréquentes.

Art. 49. La commission de surveillance s'assurera, dans ses visites, que les mesures prescrites par la présente ordonnance et par le permis de navigation sont exécutées.

Elle constatera l'état de l'appareil moteur et celui du bateau; elle se fera représenter le journal de bord et le registre destiné à recevoir les observations des passagers.

Art. 50. La commission adressera au préfet le procès-verbal de chacune de ces visites. Dans ce procès-verbal, elle consignera ses propositions sur les mesures à prendre si l'appareil moteur ou le bateau ne présentent plus des garanties suffisantes de sûreté.

Art. 51. Sur les propositions de la commission de surveillance, le préfet ordonnera, s'il y a lieu, la réparation ou le remplacement de toutes les pièces de l'appareil moteur ou du bateau dont un plus long usage présenterait des dangers. Il pourra suspendre le permis de navigation jusqu'à l'entière exécution de ces mesures; il révoquera le permis si la machine ou le bateau sont déclarés hors de service par la commission.

Art. 52. Dans tous les autres cas où, par suite de l'inexécution des dispositions de la présente ordonnance, la sûreté publique serait compromise, le préfet suspendra et, au besoin, révoquera le permis de navigation.

Art. 53. Les préfets prescriront, dans chaque port de commerce, les dispositions nécessaires pour éviter les accidents auxquels le stationnement, le départ et l'arrivée des bateaux à vapeur pourraient donner lieu. Dans les ports militaires, il sera pourvu à ces dispositions par les préfets maritimes.

Art. 54. Les maires, adjoints ou commissaires de police, les officiers et maîtres de port, les inspecteurs de la

navigation, exerceront une surveillance de police journalière sur les bateaux à vapeur, tant aux points de départ et d'arrivée qu'aux lieux de relâche intermédiaires.

Art. 55. Si, avant le départ ou après l'arrivée, il était survenu des avaries de nature à compromettre la sûreté de la navigation, l'autorité chargée de la police locale pourra suspendre la marche du bateau; elle devra sur-le-champ en informer le préfet.

En cas d'accident, elle se transportera immédiatement sur les lieux, et le procès-verbal qu'elle dressera de sa visite sera transmis au préfet et, s'il y a lieu, au procureur du roi.

La commission de surveillance se rendra aussi sur les lieux sans délai, pour visiter les appareils moteurs, en constater l'état, et rechercher la cause de l'accident : elle adressera, sur le tout, un rapport au préfet.

Art. 56. Dans chaque port des colonies françaises, la surveillance dont les articles ci-dessus font mention sera exercée par une commission spéciale, nommée à cet effet par le gouverneur ou le commandant de la colonie.

Art. 57. La même surveillance sera exercée dans les ports étrangers par les soins des consuls et agents consulaires français, assistés de tels hommes de l'art qu'ils jugeront à propos de désigner. Le capitaine devra représenter au consul, en même temps qu'il lui fera le rapport exigé par l'art. 244 du Code de commerce, le permis de navigation qui lui aura été délivré.

Les hommes de l'art qui seront chargés, dans les ports étrangers, de procéder aux visites et vérifications prescrites par la présente ordonnance, recevront des frais de vacation. Les dispositions qu'il serait nécessaire d'ajouter, à cet égard, au tarif des chancelleries, fixé par notre ordonnance du 6 novembre 1842, seront, pour chaque port, arrêtées par notre ministre des affaires étrangères, sur la proposition du consul, conformément à l'article 3 de ladite ordonnance.

TITRE V.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 58. Si, à raison du mode particulier de construction de certaines machines ou chaudières à vapeur, l'application à ces machines ou chaudières d'une partie des

mesures de sûreté prescrites par la présente ordonnance devenait inutile, le préfet, sur le rapport de la commission de surveillance, déterminera les conditions sous lesquelles ces appareils seront autorisés. Dans ce cas, les permis de navigation ne seront délivrés par le préfet que lorsqu'ils auront reçu l'approbation du ministre des travaux publics.

Art. 59. Les propriétaires de bateaux à vapeur seront tenus d'adapter aux machines et chaudières employées dans ces bateaux les appareils de sûreté qui pourraient être découverts par la suite, et qui seraient prescrits par des règlements d'administration publique.

Art. 60. Il sera publié par notre ministre secrétaire d'État au département des travaux publics une instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des machines et des chaudières à vapeur établies sur des bateaux.

Cette instruction devra être affichée à demeure dans l'emplacement où se trouvent ces machines et chaudières.

Art. 61. La navigation et la surveillance des bateaux à vapeur de l'État sont régies par des dispositions spéciales.

Art. 62. Les ordonnances royales des 2 avril 1823 et 25 mai 1828, concernant les bateaux à vapeur et les machines et les chaudières à vapeur employées sur les bateaux, sont rapportées.

Art. 63. Nos ministres secrétaires d'État aux départements des travaux publics, des affaires étrangères, de la guerre, de la marine et des colonies, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des lois.

Fait au palais des Tuileries, le 17 janvier 1846.

Signé LOUIS-PHILIPPE.

Par le Roi :

Le ministre secrétaire d'État des travaux publics,

Signé S. DUMON.

TABLE N° 1.

Table des épaisseurs à donner aux chaudières à vapeur cylindriques en tôle ou en cuivre laminé (1).

DIAMÈTRES DES CHAUDIÈRES.	NUMÉROS DES TIMBRES EXPRIMANT LES TENSIONS DE LA VAPEUR.						
	2 atmosph.	3 atmosph.	4 atmosph.	5 atmosph.	6 atmosph.	7 atmosph.	8 atmosph.
mèt. 0,50	millim. 3,90	millim. 4,80	millim. 5,70	millim. 6,60	millim. 7,50	millim. 8,40	millim. 9,30
0,55	3,99	4,98	5,97	6,96	7,95	8,94	9,93
0,60	4,08	5,16	6,24	7,32	8,40	9,48	10,56
0,65	4,17	5,34	6,51	7,68	8,85	10,02	11,19
0,70	4,26	5,52	6,78	8,04	9,30	10,56	11,82
0,75	4,35	5,70	7,05	8,40	9,75	11,10	12,45
0,80	4,44	5,88	7,32	8,76	10,20	11,64	13,08
0,85	4,53	6,06	7,59	9,12	10,65	12,18	13,71
0,90	4,62	6,24	7,86	9,48	11,10	12,72	14,34
0,95	4,71	6,42	8,13	9,84	11,55	13,26	14,97
1,00	4,80	6,60	8,40	10,20	12,00	13,80	15,60

(1) Pour obtenir l'épaisseur que l'on doit donner aux chaudières, il faut multiplier le diamètre de la chaudière, exprimé en mètres et fractions décimales du mètre, par la pression effective de la vapeur exprimée en atmosphères, et par le nombre fixe 18; prendre la dixième partie du produit ainsi obtenu et y ajouter le nombre fixe 3. Le résultat exprimera, en millimètres et en fractions décimales du millimètre, l'épaisseur cherchée.

TABLE N° 2.

[Ta]ble pour régler les diamètres à donner aux orifices des soupapes de sûreté (1).

[...] des chaudières.	NUMÉROS DES TIMBRES INDIQUANT LES TENSIONS DE LA VAPEUR.									
	1 1/2 atmosph.	2 atmosph.	2 1/2 atmosph.	3 atmosph.	3 1/2 atmosph.	4 atmosph.	4 1/2 atmosph.	5 atmosph.	5 1/2 atmosph.	6 atmosph.
[...]c.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.
	2,493	2,063	1,799	1,616	1,479	1,372	1,286	1,214	1,152	1,100
	3,525	2,918	2,544	2,285	2,092	1.941	1,818	1,716	1,630	1,555
	4,517	3,573	3,116	2,799	2,563	2,377	2,227	2,102	1,996	1,905
	4,985	4,126	3,598	3,232	2,959	2,745	2,572	2,427	2,305	2,200
	5,374	4,613	4,023	3,614	3,308	3,069	2,875	2,714	2,578	2,459
	6,106	5,054	4,407	3,058	3,624	3,362	3,149	2.973	2.823	2,694
	6,595	5,458	4,760	4,276	3,914	3,631	3,402	3,211	3,045	2,910
	7.050	5,835	5,089	4,571	4,185	3,882	3,637	3,433	3,260	3,111
	7,473	6,189	5,398	4,848	4,438	4,117	3,857	3,641	3,458	3,299
	7,882	6,524	5,690	5,110	4,679	4,340	4.066	3,838	3,645	3,478
	8,267	6,843	5,967	5,360	4,907	4,552	4,265	4,025	3,823	3,648
	8,635	7,147	6,233	5,598	5,125	4,754	4,454	4,204	3.993	3,810
	8,987	7,439	6,487	5,827	5,334	4,949	4,636	4,376	4,156	3,965
	9,325	7,720	6,732	6,047	5,536	5,138	4,811	4,541	4,312	4,124
	9,654	7,900	6,968	6,259	5,730	5,316	4,980	4,701	4,464	4,259
	9,970	8,253	7.197	6,464	5,918	5,490	5.143	4,854	4,610	4,399
	10,277	8,506	7,418	6.663	6,100	5,659	5,302	5,004	4,752	4,534
	10,575	8,753	7,633	6,841	6,277	5,823	5.455	5,149	4,890	4,666
	10,865	8,993	7,842	7,044	6,449	5,982	5,605	5,290	5,024	4,794
	11,147	9,227	8,046	7,227	6,616	6,138	5,750	5,428	5,154	4,918
	11,423	9,454	8,245	7,389	6,780	6,289	5,892	5,561	5,282	5,040
	11,691	9,677	8,439	7,580	6,939	6,437	6,031	5,692	5,406	5,158
	11,954	9,894	8,629	7,750	7,095	6,582	6,167	5,820	5,527	5,274
	12,211	10,107	8,814	7,917	7,248	6,723	6,299	5,945	5,646	5,388
	12,463	10,316	8,996	8,080	7,397	6,862	6,429	6,069	5,763	5,499
	12,710	10,520	9.174	8,240	7,544	6,998	6.556	6,188	5,877	5,608
	12,952	10,720	9,349	8,397	7,776	7.132	6,681	6,[illegible]66	5,989	5,715
	13,190	10,917	9,520	8,551	7,828	7,262	6,804	6,422	6,099	5,819
	13,423	11,110	9,689	8,703	7,967	7,391	6,924	6,535	6,207	5,922
	13,653	11,300	9,855	8,851	8,103	7,517	7,043	6,648	6,313	6,024

(1) Pour déterminer les diamètres des soupapes de sûreté, il faut diviser la surface de chauffe de la chaudière, [exprim]ée en mètres carrés, par le nombre qui indique la tension maximum de la vapeur dans la chaudière, préala[blemen]t diminué du nombre 0,412 ; prendre la racine carrée du quotient ainsi obtenu, et la multiplier par 2,6 : [le résu]ltat exprimera, en centimètres et en fractions décimales du centimètre, le diamètre cherché.

Mines de houille de la Péronnière.

Ordonnance du 24 janvier 1846, portant rejet d'un pourvoi des sieurs Fulchiron, Flachat *et autres propriétaires de la surface, contre l'ordonnance du 13 janvier 1842, qui a institué la concession des mines de houille de la* Péronnière (Loire).

Louis-Philippe, etc.,

Sur le rapport du comité du contentieux;

Vu la requête à nous présentée par les sieurs Fulchiron, Flachat et autres, se disant propriétaires tréfonciers de la mine de la Péronnière, située dans l'étendue des territoires de Cellieu et de Saint-Paul-en-Jarret (Loire); ladite requête enregistrée au secrétariat général de notre conseil d'Etat, le 26 août 1843, tendante à ce qu'il nous plaise les recevoir demandeurs en interprétation, et, en tant que de besoin, opposants à l'ordonnance de concession de la mine de la Péronnière, du 13 janvier 1842, dans ses articles 4 et 5; ce faisant, dire et ordonner que les arrangements particuliers intervenus entre lesdits propriétaires tréfonciers et les concessionnaires pour fixer l'indemnité due à ces propriétaires, recevront leur pleine et entière exécution, avec dépens;

Vu les mémoires en défense et les conclusions additionnelles présentés par la compagnie concessionnaire de la Péronnière, et enregistrés audit secrétariat de notre conseil d'Etat les 5 mars 1844, 15 février et 17 mai 1845;

Vu le mémoire additionnel produit par les sieurs Fulchiron, Flachat et autres, enregistré audit secrétariat, le 2 décembre 1845, dans lequel les requérants, en persistant dans leurs conclusions primitives, concluent subsidiairement à ce qu'il nous plaise, après avoir prononcé l'annulation des dispositions des articles 4 et 5 de l'ordonnance de concession du 13 janvier 1842, renvoyer la cause et les parties devant qui de droit, pour y discuter contradictoirement, soit le maintien des traités particuliers, soit la fixation d'une nouvelle redevance tréfoncière;

Vu l'avis de notre ministre des travaux publics, en date du 28 mai 1844, enregistré le 29 du même mois au secrétariat de notre conseil d'Etat;

Vu toutes les pièces respectivement produites et jointes au dossier;

Vu notre ordonnance du 13 janvier 1842, portant con-

cession de la mine de houille de la Péronnière, en faveur de la compagnie Gillier, Mortier et consorts;

Vu notre ordonnance du 1er juin 1843, confirmative du conflit élevé par le préfet de la Loire;

Vu la loi du 21 avril 1810;

Vu l'article 40 du règlement du 22 juillet 1806, portant que, « lorsqu'une partie se croira lésée dans ses droits ou sa propriété par une décision de notre conseil d'Etat, rendue en matière non contentieuse, elle pourra nous présenter une requête, pour, sur le rapport qui nous en sera fait, être l'affaire renvoyée, s'il y a lieu, soit à une section du conseil d'Etat, soit à une commission; »

Ouï Me Garnier, avocat des demandeurs;

Ouï Me Lebon, avocat des défendeurs;

Ouï M. Cornudet, maître des requêtes, commissaire du roi;

Sans qu'il soit besoin de statuer sur la fin de non-recevoir, résultant de ce que le pourvoi contre l'ordonnance de concession du 13 janvier 1842 n'aurait pas été formé en temps utile;

En ce qui touche la demande en interprétation des articles 4 et 5 de l'ordonnance dont il s'agit;

Considérant que les termes de ces articles qui disposent que le droit attribué aux propriétaires de la surface sur le produit des mines concédées est réglé à une redevance en nature proportionnelle aux produits de l'extraction, laquelle sera payée par les concessionnaires aux propriétaires des terrains sous lesquels ils exploiteront, et que l'application du tarif de cette redevance sera faite nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter des conventions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface, lesdites conventions étant, à cet égard, déclarées nulles et non avenues, déterminent d'une manière générale et sans exception la quotité des droits attribués aux propriétaires de la surface sur le produit de la mine concédée, et ne présenteront ni obscurité, ni ambiguïté; qu'il n'y a lieu dès lors de les interpréter;

En ce qui touche la demande en rapport ou annulation des mêmes articles;

Considérant que ladite ordonnance a été rendue après l'accomplissement des formalités prescrites par la loi,

21 avril 1810, les établissements de forges et usines existant lors de la promulgation de cette loi, ont été maintenus dans leur jouissance, à la charge par les propriétaires qui n'auraient pas eu de permission ou qui ne pourraient représenter la permission obtenue précédemment, d'en obtenir une nouvelle;

Considérant que le sieur Danelle ne produit comme permission ayant autorisé son établissement qu'un règlement du grand-maître des eaux-et-forêts, en date du 16 août 1731, approuvé par arrêt du conseil du 10 mars 1733;

Considérant que, d'après ce règlement, le propriétaire de l'usine du Buisson n'a été autorisé à maintenir qu'un fourneau, une chaufferie et une affinerie;

Considérant qu'il résulte de l'instruction que, lors de la demande formée en 1834, par le sieur Danelle, son usine se composait d'un haut-fourneau, de trois chaufferies à la houille, de deux bocards et de deux patouillets;

Que ces augmentations ou modifications apportées à cette usine, depuis le règlement de 1731, constituaient un établissement nouveau pour lequel le sieur Danelle était tenu de se pourvoir d'une nouvelle permission, ce qui le soumettait à la taxe prononcée par l'art. 75 de la loi du 21 avril 1810;

En ce qui touche la composition de l'usine :

Considérant, d'une part, que, s'il a été reconnu, lors de la demande en autorisation formée par le sieur Danelle, que deux bocards et deux patouillets dépendaient de l'usine du Buisson, il résulte de l'instruction que c'est sur la déclaration du sieur Danelle qu'un bocard à crasses a été substitué à l'un des bocards à patouillets; que dès lors celui-ci n'est pas fondé à réclamer contre cette substitution;

Considérant, d'autre part, que l'établissement des moulins à blé n'est pas réglé par la loi du 21 avril 1810; que dans sa demande, le sieur Danelle lui-même ne sollicitait pas l'autorisation pour l'établissement d'un moulin à blé; que dès lors c'est avec raison que notre ordonnance, en accordant l'autorisation de maintenir en activité l'usine dont il s'agit, conformément à la loi de 1810, n'a pas compris le moulin à blé dans la composition de l'usine;

En ce qui touche le régime des eaux et les conditions de l'autorisation :

Considérant qu'aux termes des lois des 20 août 1790 et 6 octobre 1791, l'administration a le droit et le devoir de régler le régime des eaux des usines et de déterminer à quelles conditions lesdites usines peuvent être établies ou maintenues, et que les ordonnances rendues en cette matière sont des actes purement administratifs, qui ne peuvent être attaqués par la voie contentieuse qu'au cas où les formalités prescrites par les lois et règlements n'auraient pas été remplies;

Considérant que, sur la demande formée par le sieur Danelle, il a été procédé à l'enquête et à l'accomplissement de toutes les formalités prescrites;

Que l'opposition formée par les sieurs Pansé a été dénoncée au sieur Danelle, qui a été ainsi appelé à fournir ses observations;

Qu'aucune disposition de lois ou règlements n'exige que les rapports des ingénieurs soient soumis à l'enquête;

Que dès lors le sieur Danelle est non recevable à se pourvoir par la voie contentieuse contre notre ordonnance du 1er décembre 1841;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'intervention des sieurs Pansé est admise.

Art. 2. La requête du sieur Danelle est rejetée.

Art. 3. Le sieur Danelle est condamné aux dépens.

Art. 4. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'Etat au département de la justice et des cultes, et notre ministre secrétaire d'Etat au département des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Ordonnance du 14 *février* 1846, *qui accorde à* Mme Félicité-Raison Quiney, *veuve de* M. Alexandre-François Gilles, *dit* Selligue, *ès noms qu'elle possède*, *et à* MM. le baron de Montmorency *et le* marquis de Boissy, *la concession de mines de schistes bitumineux*, *situés dans les communes*

Mines de schistes bitumineux de St-Léger-du-Bois.

de Saint-Léger-du-Bois *et de* Sully, *arrondissement d'*Autun (Saône-et-Loire).

(Extrait.)

Art. 2. Cette concession, qui prendra le nom de *concession de St.-Léger-du-Bois*, est limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord-Ouest, par une ligne droite allant de l'angle Ouest de la maison du sieur Charles Gagnard, située au hameau de Champecuillon, point F du plan, à l'angle Nord de la maison du sieur Jean-Leguin, située au hameau du Grand-Molvy, point B ;

Au nord-Est, par deux lignes droites allant l'une dudit point B à l'angle Nord de la maison du sieur Claude Fichat, dit Lavi, située au hameau du Petit Moloy, point C du plan, et l'autre, de ce point au clocher de la petite chapelle de Bouton, hameau de Sully, point C;

Au Sud-Est, par une ligne droite allant du point C' à l'angle sud de la maison de Louise Moreau, femme Rosereuil, située au hameau de Verne, point D ;

Au Sud-Ouest, enfin, par une ligne droite allant dudit point D à l'angle Ouest de la maison du sieur Charles Gagnard, point de départ ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de cinq kilomètres carrés, quinze hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810 sur le produit des mines concédées, sont réglés : 1° à une rente annuelle de dix centimes par hectare pour les propriétaires de tous les terrains compris dans la concession; 2°. à une redevance au profit des propriétaires dans les terrains desquels l'extraction aura lieu, laquelle redevance est fixée au vingtième de la valeur des minerais extraits, prêts à être vendus ou à être distillés, quand l'exploitation se fera à ciel ouvert, et au quarantième de la valeur desdits minerais lorsque l'exploitation se fera par travaux souterrains. Cette redevance sera acquittée en argent par les concessionnaires et l'évaluation en sera faite à l'amiable ou à dire d'experts.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conventions

antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

Art. 13. La présente concession ne préjudicie en rien aux droits acquis aux concessionnaires des mines de houille *du Grand Moloy*, *de Sully* et *d'Épinac*, dans l'étendue aujourd'hui concédée pour les schistes bitumineux, de pratiquer toutes les ouvertures qui seront reconnues utiles à l'exploitation de la houille, soit près de la surface, soit dans la profondeur, sauf l'application réciproque, s'il y a lieu, des dispositions de l'article 45 de la loi du 21 avril 1810.

Cahier des charges de la concession des mines de schistes bitumineux de SAINT-LÉGER-DU-BOIS.

(Extrait.)

Art. 23. Les concessionnaires seront tenus de souffrir toutes les ouvertures qui seraient pratiquées pour l'exploitation des mines de houille *du Grand Moloy*, *de Sully* et *d'Épinac*, par les concessionnaires de ces dernières mines, ou même le passage à travers leurs propres travaux, s'il est reconnu nécessaire; le tout, s'il y a lieu, moyennant une indemnité qui sera réglée de gré à gré ou à dire d'experts. En cas de contestation sur la nécessité ou l'utilité de ces ouvertures, il sera statué par le préfet, sur le rapport des ingénieurs des mines, les parties ayant été entendues et sauf le recours à notre ministre des travaux publics.

Art. 24. Si l'exploitation des gîtes de schistes bitumineux, objet de la présente concession, fait connaître qu'ils s'approchent des gîtes de houille, objet des concessions *du grand Moloy*, *de Sully* ou *d'Épinac*, les concessionnaires ne pourront exploiter que la partie de ces gîtes où l'extraction sera reconnue n'offrir aucun inconvénient pour les mines de la concession située dans le voisinage.

En cas de contestation à ce sujet, il sera statué par le préfet, ainsi qu'il est dit à l'article ci-dessus, et les concessionnaires devront se conformer aux mesures qui seront prescrites par l'administration, dans l'intérêt de la bonne exploitation des deux substances.

Mines de houille de Decise.

Ordonnance du 12 *février* 1846, *qui accorde à la Compagnie propriétaire de la mine de houille de* Decize (Nièvre), *un abonnement à la redevance proportionnelle pour les exercices* 1845, 1846 *et* 1847, *à raison de* 8.250 *francs en principal par année.*

Mines de plomb argentifère des Combres, de Barbecot et de Roure.

Ordonnance du 12 *février* 1846, *portant qu'il est fait remise à la Société propriétaire des mines de plomb argentifère des* Combres, *de* Barbecot *et de* Roure (Puy-de-Dôme), *de la redevance proportionnelle pendant cinq années, commençant au* 1er *janvier* 1844 *et finissant au* 1er *janvier* 1849; *et que ladite société est déchargée de la somme de* 550 *francs à laquelle elle a été imposée pour la redevance proportionnelle de l'année* 1844, *sur les mines de* Roure *et de* Barbecot.

Mines de fer d'Alban et de Villefranche.

Ordonnance du 16 *février* 1846, *qui accepte la renonciation de* M. le vicomte Decazes *à la concession des mines de fer d'*Alban *et de* Villefranche (Tarn).

(Extrait.)

Art. 2. M. le vicomte Decazes est tenu de combler l'ancien puits dit *du Fraysse* ouvert dans la concession.

Dans le cas où il ne se conformerait point à cette obligation, il y serait pourvu d'office, selon ce qui est prescrit par les articles 4 et 5 de l'ordonnance royale du 26 mars 1843.

Forge du Pinet.

Ordonnance du 16 *février* 1846, *portant que le sieur* Gaspard-François de Chabrol-Chaméane *est autorisé à maintenir en activité la forge du* Pinet, *située sur l'étang de ce nom, commune d'*Azy-le-

Vif (Nièvre), *et composée d'un feu de grosse forge, d'une soufflerie et des appareils de compression et d'étirage nécessaires à la fabrication du fer.*

Ordonnance du 18 *février* 1846, *relative à un conflit d'attributions en matière d'occupation de terrains nécessaires aux travaux des mines.* Mines de schistes bitumineux de Surmoulin.

Louis Philippe, etc.

Sur le rapport du comité de législation,

Vu l'arrêté de conflit pris, le 12 novembre 1845, par le préfet de Saône-et-Loire, dans une instance pendante devant le tribunal civil d'arrondissement d'Autun, entre le sieur Pierre Ponelle, d'une part, le sieur Jean-Baptiste Lahore et consorts, d'autre part;

Vu la requête présentée, le 16 septembre 1845, par le sieur Pierre Ponelle, propriétaire à Surmoulin, au président du tribunal civil d'Autun, à l'effet d'être autorisé à assigner extraordinairement les sieurs Jean-Baptiste Lahore, Claude-Joseph de Lavenay et Guillaume d'Arnaud de Vitrolles, comme étant aux droits des sieurs Terme, Kalb et compagnie, concessionnaires des mines de schistes bitumineux dites de Surmoulin, pour voir dire, 1° que les susnommés n'ont pas droit de s'emparer, ainsi qu'ils annoncent l'intention de le faire, d'une carrière de schiste appartenant au requérant, attendu qu'elle est distante de moins de 100 mètres d'une habitation qui est aussi sa propriété; 2° dans le cas où cette distance serait contestée, qu'il sera procédé à sa constatation par experts nommés d'office; 3° pour le cas où cette distance serait de plus de 100 mètres, que les mêmes experts constateront et estimeront l'indemnité à laquelle aurait droit le requérant à raison de l'occupation et de l'exploitation de la dite carrière, et que les sieurs Lahore et consorts ne pourront se mettre en possession qu'après le paiement de cette indemnité; 4° que par les mêmes experts, il sera procédé à l'estimation des dommages causés par l'exploitation d'un autre gisement de schistes étant dans un héritage appartenant aussi au requérant et contigu au champ de la carrière, pour, après le rapport des experts, être conclu et statué ce que de droit;

Vu l'exploit du même jour 16 septembre 1845, par lequel, en vertu de l'autorisation donnée par le président du tribunal, le sieur Ponelle fait assigner les sieurs Lahore et consorts, d'abord en référé, puis en audience, pour entendre prononcer sur les conclusions prises dans la requête ci-dessus visée;

Vu l'arrêté du 5 septembre 1845, par lequel le conseil de préfecture de Saône-et-Loire déclare que le sieur Ponelle n'est pas fondé à s'opposer à l'occupation de la carrière, ordonne qu'il sera procédé par experts à l'évaluation de l'indemnité due par l'occupation et que provisoirement les sieurs Lahore et consorts pourront prendre possession de la carrière et d'un passage de 5 mètres de largeur sur les fonds du sieur Ponelle;

Vu le mémoire du 20 octobre 1845, par lequel le préfet de Saône-et-Loire propose le déclinatoire;

Vu les conclusions prises le 3 novembre 1845, par le sieur Ponelle, devant le tribunal d'Autun, à l'appui de son exploit introductif d'instance;

Vu les conclusions, du 4 novembre 1845, par lesquelles les sieurs Lahore et consorts demandent que le tribunal se déclare incompétent, tant en raison de ce qu'il y a chose jugée par le conseil de préfecture, que de ce que l'affaire est au fond de la compétence de l'autorité administrative et qu'il y a litispendance;

Vu les conclusions prises, le 5 novembre 1845, par le ministre des travaux publics;

Vu le jugement du même jour 5 novembre 1845, par lequel le tribunal d'Autun se déclare compétent, mais surseoit à statuer jusqu'à ce que l'arrêté pris par le conseil de préfecture de Saône-et-Loire, le 5 septembre précédent, ait été rétracté ou annulé;

Vu les observations sur l'arrêté de conflit présentées, d'une part, au nom du sieur Ponelle, et, d'autre part, au nom des sieurs Lahore et consorts; les dites observations déposées, les 2 et 4 décembre 1845, au parquet de notre procureur près le tribunal d'arrondissement d'Autun;

Vu les observations de notre ministre des travaux publics, enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'État, le 27 décembre 1845;

Vu les autres pièces jointes au dossier et notamment les lettres écrites, les 8, 15 et 20 décembre 1845, par notre garde des sceaux au secrétariat général de notre

conseil d'État, et desquelles il résulte que les pièces dont la production est exigée par les ordonnances royales des 1er juin 1828 et 12 mars 1831 sont parvenues à la chancellerie les 7, 12 et 19 décembre;

Vu la loi du 21 avril 1810, articles 11 et 15, 43, 44, 46, 87 et suivants;

Vu les ordonnances royales des 1er juin 1828 et 12 mars 1831;

Ouï M. Hély d'Oissel, maître des requêtes, commissaire du roi;

Considérant que l'action pendante devant le tribunal civil d'Autun, entre le sieur Ponelle et le sieur Lahore et consorts, a un double objet;

Que, d'une part, le sieur Ponelle demande que, d'après l'article 11 de la loi du 21 avril 1810, il soit interdit aux concessionnaires des schistes bitumineux de Surmoulin d'occuper, sans son consentement, le champ dit *de la Carrière* qui lui appartient, attendu que ce champ attenant à son habitation en est distant de moins de 100 mètres; que le sieur Lahore et consorts soutiennent que l'article précité ne peut recevoir son application dans l'espèce parce que le champ de la carrière serait séparé de l'habitation du sieur Ponelle par un chemin public;

Que, d'autre part, le dit sieur Ponelle demande:

1° Que, en cas où son opposition ne serait pas admise, le tribunal ordonne une expertise pour fixer l'indemnité qui lui serait due à raison de l'occupation du champ de la carrière;

2° Qu'il lui soit alloué aussi une indemnité à raison du dommage que l'exploitation du sieur Lahore et consorts causerait à un autre champ qui est également sa propriété;

Sur le premier chef de la demande:

Considérant que les oppositions formées par des particuliers aux travaux des concessionnaires de mines, en vertu de l'article 11 de la loi du 21 avril 1810, doivent être portées devant l'autorité judiciaire, d'après les règles générales de la matière, et conformément à l'article 15 de la loi précitée.

Sur le second chef de la demande:

Considérant que l'article 46 de la loi du 21 avril 1810, ne soumet à la décision des conseils de préfecture les questions d'indemnités à payer aux propriétaires de la

surface des mines que lorsqu'il s'agit de travaux faits, avant toute concession, en vertu d'autorisations administratives ;

Qu'il résulte de la combinaison des articles 43, 44, 87 et suivants de la dite loi, que ces mêmes questions doivent être portées devant l'autorité judiciaire, lorsqu'il s'agit de travaux postérieurs à la concession, et effectués par le concessionnaire, en vertu des droits de propriété qu'il tient de la dite concession ;

Notre conseil d'État entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. L'arrêté de conflit pris, le 12 novembre 1845, par le préfet de Saône-et-Loire, est annulé.

Art. 2. Notre garde des sceaux, ministre secrétaire d'État au département de la justice et des cultes, et notre ministre secrétaire d'État au département des travaux publics, sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Mines de manganèse de Grazay.

Ordonnance du 25 *février* 1846, *qui accepte la renonciation des sieurs* Riondel, Auguste et Achille Ozou, *de la dame veuve* Leroy, *de la dame veuve* Duval *et de mademoiselle* Caroline Duval, *à la concession de la mine de manganèse de* Grazay (Mayenne).

Usine à fer du Fournay.

Ordonnance du 9 *mars* 1846, *portant que les héritiers du sieur* Louis Boignes *sont autorisés à maintenir en activité l'usine à fer du* Fournay, *située sur la rivière* d'Aubois, *commune de* Saint-Germain-sur-l'Aubois (Cher).

Cette usine demeure composée de deux feux de grosse forge, d'un marteau cingleur, d'un martinet et des machines soufflantes et autres accessoires nécessaires à la fabrication du fer.

Forge d'Aubigny.

Ordonnance du 9 *mars* 1846, *portant que les héritiers* Boignes et Cie *sont autorisés à maintenir*

*en activité la forge d'*Aubigny, *qu'ils possèdent sur la rivière d'*Aubois, *dans la commune de* Marseille-lès-Aubigny (Cher).

Cette forge est et demeure composée, savoir .
1° De deux feux d'affinerie,
2° Des machines de compression nécessaires à l'étirage du fer,
3° Des machines soufflantes qu'exige le roulement de l'usine.

Ordonnance du 21 *mars* 1846, *portant que les sieurs* Gény *et* Chanlaire *sont autorisés à maintenir en activité l'usine à fer et le moulin à farine qu'ils possèdent sur la* Blaise, *dans la commune de* Montreuil-sur-Blaise (Haute-Marne). Usine à fer, à Montreuil-sur-Blaise.

La consistance de cette usine est et demeure fixée ainsi qu'il suit, savoir :
Deux fours à puddler,
Trois chaufferies d'affinerie à la houille,
Un bocard à neuf pilons,
Un patouillet à deux huches.

(Extrait.)

Art. 19. Chaque année le bocard et le patouillet resteront en chômage pendant cinq mois, du 1er mai au 1er octobre.

Ordonnance du 21 *mars* 1846, *portant que le sieur* marquis de Belabre *est autorisé à maintenir en activité l'usine à fer dite* de Charneuil, *située commune de* Mauvières (Indre); *ladite usine comprenant :* Usine à fer de Charneuil.

Un haut-fourneau,
Deux feux d'affinerie,
Et toutes les machines soufflantes et les machines de compression nécessaires au roulement de l'usine.

Forge de Crécy. *Ordonnance du* 26 *mars* 1846, *portant que madame veuve duchesse* DE BLACAS, *née* DE MONTSOREAU, *est autorisée à maintenir la forge de* CRÉCY, *située sur la rivière d'*ACOLIN, *commune de* SAINT-GERMAIN-CHASSENAY (Nièvre).

Cette usine demeure composée de trois feux de grosse forge, avec les machines de compression et les accessoires nécessaires au travail du fer.

Mines de fer de Massevaux (Haut-Rhin). *Ordonnance du* 1er *mai* 1846, *portant rejet d'un pourvoi formé contre un arrêté du conseil de préfecture du* HAUT-RHIN, *en ce qui concerne la fixation faite par ledit arrêté de la redevance proportionnelle de la concession de* MASSEVAUX, *pour l'exercice* 1837, *à la somme de* 536 *fr.*

LOUIS-PHILIPPE, roi des Français,

Sur le rapport du comité du contentieux;

Vu les requêtes sommaire et ampliative à nous présentées: 1° par les sieurs Stehlin et Huber, maîtres de forges à Oberbruck, agissant comme locataires des fourneau et concession de Massevaux; 2° par le sieur Achille-Léon-Victor-Charles, duc de Broglie, vice-président de la chambre des pairs, la dame Constance-Louise-Sophie de Broglie, comtesse de l'Aigle, agissant, les deux premiers comme propriétaires des fourneau et concession de Massevaux, le dernier comme autorisant sa femme; lesdites requêtes enregistrées au secrétariat général de notre conseil d'État, les 14 décembre 1840 et 29 janvier 1841, et tendantes à ce qu'il nous plaise annuler un arrêté du conseil de préfecture du Haut-Rhin, en date du 4 septembre 1840, dans celles de ses dispositions qui ont fixé la redevance proportionnelle de la concession de Massevaux, pour l'exercice 1837, à 536 fr. en principal: ce faisant, déclarer qu'il n'est dû aucune redevance pour ladite concession et pour ledit exercice;

Vu l'arrêté attaqué;

Vu les avis de l'aspirant-ingénieur des mines, en date du 24 décembre 1839, de l'ingénieur en chef de l'arron-

dissement de Strasbourg et du directeur des contributions directes, en date du 27 janvier 1840;

Vu le procès-verbal de l'expertise contradictoire à laquelle il a été procédé le 29 mars 1840, l'avis de l'aspirant-ingénieur des mines, en date du 10 avril 1840;

Vu la lettre de notre ministre des travaux publics au vice-président de notre conseil d'État, ladite lettre enregistrée au secrétariat général de notre dit conseil, le 9 août 1842;

Vu les observations additionnelles présentées par les sieurs Stehlin et Huber, le duc de Broglie, la comtesse de l'Aigle et le comte de l'Aigle, lesdites observations enregistrées comme dessus, le 7 août 1843, et tendantes à ce qu'il soit subsidiairement par nous déclaré que la redevance proportionnelle de la concession de Massevaux pour 1837 doit être maintenue en principal au chiffre de 536 fr. et qu'il n'y a lieu de statuer relativement à la redevance de l'exercice 1838;

Vu la lettre en date du 12 janvier 1846, par laquelle notre ministre des finances répond à la communication qui lui a été donnée du pourvoi, ladite lettre enregistrée comme dessus, le 14 janvier 1846, et concluant à ce que l'arrêté du conseil de préfecture soit maintenu, et à ce que la requête soit rejetée;

Vu les dernières observations à nous présentées par les sieurs Stehlin et Huber, le duc de Broglie, la comtesse de l'Aigle et le comte de l'Aigle, lesdites observations enregistrées comme dessus le 11 avril 1846 et concluant aux mêmes fins que les requêtes susvisées;

Vu toutes les pièces produites et jointes au dossier;

Vu la loi du 21 avril 1810 et le décret du 6 mai 1811;

Ouï Mᵉ Rendu, avocat des requérants;

Ouï M. Paravey, maître des requêtes, commissaire du roi;

Sans qu'il soit besoin d'examiner si les sieurs Stehlin et Huber, comme fermiers de la concession de Massevaux, avaient qualité;

Considérant qu'il résulte de l'instruction, que la redevance proportionnelle de la concession de Massevaux fixée en principal pour l'exercice 1837 à 536 fr., n'a point été exagérée, et que dès lors, c'est avec raison que le conseil de préfecture du Haut-Rhin l'a évaluée à ce chiffre;

Notre conseil d'Etat entendu,

Nous avons ordonné et ordonnons ce qui suit :

Art. 1er. La requête du duc de Broglie, du comte et de la comtesse de l'Aigle, des sieurs Stehlin et Huber est rejetée.

Art. 2. Notre garde des sceaux, ministre de la justice et des cultes, et notre ministre des finances, sont chargés, chacun en ce qui les concerne, de l'exécution de la présente ordonnance.

Usine à fer de la Ronce.

Ordonnance du 4 *mai* 1846, *portant que le sieur* SAGET *est autorisé à maintenir en activité l'usine à fer de* LA RONCE, *qu'il possède sur le ruisseau du* MAZOU, *dans les communes de* NARCY *et de* VIELMANAY (Nièvre).

Cette usine est et demeure composée, savoir :

1° D'un haut-fourneau ;

2° De trois feux de grosse forge ;

3° Des machines soufflantes, des machines de compression et des accessoires nécessaires au roulement de l'établissement.

Usine à fer de Chuastia.

Ordonnance du 4 *mai* 1846, *qui accorde aux sieurs* MARRASSÉ *et* LORDON *la permission de maintenir indéfiniment en activité l'usine à fer de* CHUASTIA, *qu'ils possèdent sur le ruisseau de* CHUASTIA, *dans la commune de* SAINT-PÉE (Basses-Pyrénées), *et qui avait été autorisée, pour vingt années seulement, par l'ordonnance du* 19 *juin* 1822.

Cette usine demeure composée d'un feu d'affinerie, d'une machine soufflante et d'un marteau.

Saline de Montmorot.

Ordonnance du 4 *mai* 1846, *portant que le sieur* DE GRIMALDI *est autorisé à augmenter la consistance de la saline de* MONTMOROT (Jura), *et à remplacer les trois poêles existant actuellement, et présentant une surface totale d'évaporation de* 170 *mètres carrés par vingt-quatre poêles qui of-*

friront ensemble une surface d'évaporation de 2.880 *mètres carrés.*

Ordonnance du 29 *mai* 1846, *portant modification des limites de la concession des mines de houille de* MONTJEAN (Maine-et-Loire). **Mines de houille de Montjean.**

(Extrait.)

Art. 1er. Les limites de la concession des mines de houille de Montjean sont fixées ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord-Ouest, par la limite Sud-Est de la concession de Montrelais, à partir du point A, clocher d'Ingrandes, jusqu'au point K où elle rencontre une ligne droite allant de la croix Boulet à la Parque, point F du plan;

Au Nord, par la portion de ladite ligne droite comprise entre lesdits points K et F;

Au Nord-Est, une droite allant de la Parque à la Basse-Varennes, et prolongée jusqu'au point M où elle rencontre une droite passant par le clocher de Saint-Germain-des-Prés et la maison le plus au Sud du village de l'île de Chalonnes, point I du plan;

A l'Est, par la portion de ladite ligne droite comprise entre les points M et I;

Au Sud, une droite menée dudit point I à Presac-Gohard, point S du plan, puis dudit point S au moulin de Salverte, point C, et enfin une troisième droite menée dudit point C à la maison du Grand-Marais et prolongée jusqu'à sa rencontre en B avec la droite menée de La Saurie au clocher d'Ingrandes;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de dix kilomètres carrés, soixante-quatorze hectares.

Art. 3. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés pour les terrains compris dans l'étendue ajoutée à la concession de Montjean à 4 centimes par hectare.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter de conven-

tions antérieures entre les concessionnaires et les propriétaires de la surface.

Cahier des charges de la concession de la mine de houille de MONTJEAN.

(Extrait.)

Art. 2. Le concessionnaire fera exécuter des sondages pour reconnaître le prolongement des couches. D'après les résultats des sondages, il foncera un puits dans le terrain recouvert par les alluvions. Lorsque ce puits aura atteint la profondeur de 100 mètres, le concessionnaire commencera les travaux d'exploitation qui ne devront pas s'élever au-dessus du niveau de 100 mètres.

Art. 22. Sur les limites de la concession *de Saint-Germain-des-Prés*, le concessionnaire des mines de Montjean devra laisser un massif de 15 mètres d'épaisseur.

Dans tous les cas, si les gîtes à exploiter dans la concession de Montjean se prolongent hors de cette concession, etc., etc.

Mines de houille de St-Germain-des-Prés.

Ordonnance du 29 mai 1846, qui accorde aux sieurs OUDOT *et* FALIGAN, *titulaires des mines de houille de* SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS, *communes de* CHAMPTOCÉ, SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS *et* SAINT-GEORGES-SUR-LOIRE, *arrondissement d'*ANGERS (Maine-et-Loire), *une extension de limites de ladite* CONCESSION, *de deux kilomètres carrés, soixante-sept hectares.*

(Extrait.)

Art. 2. Cette extension, réunie à la concession de Saint-Germain-des-Prés, telle qu'elle a été instituée par notre ordonnance du 29 mai 1841, formera une concession unique sous le même nom de *concession de Saint-Germain-des-Prés*, et limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord, par une ligne droite tirée du clocher de Saint-Germain-des-Prés, point E du plan, à Chantepie, point F ;

Au Nord-Est, par une ligne droite passant par Chante-

pie et La Chétardière prolongée jusqu'au point A où elle est rencontrée par une droite tirée du clocher de Saint-Georges à la Grande-Guibrette;

Au Sud-Est, par la droite tirée du clocher de Saint-Georges-sur-Loire à la Grande-Guibrette, depuis le point A jusqu'à la Grande-Guibrette, point G, et au delà par la limite Ouest de la concession de *Desert* jusqu'au point B angle Sud-Ouest de cette concession;

Au Sud, par une droite tirée du point B au point I, maison le plus au Sud du village de l'île de Chalonne;

A l'Ouest, par une droite tiree dudit point I sur le clocher de Saint-Germain-des-Prés, mais en l'arrêtant au point M où elle rencontre le prolongement d'une ligne allant de la Parque à la Basse-Varennes; puis, par la portion dudit prolongement comprise entre ledit point M et la Basse-Varennes, point N, et enfin par la droite passant par ledit point N et le clocher de Saint-Germain-des-Prés, point de départ;

Lesdites limites renfermant une étendue superficielle de neuf kilomètres carrés, quatorze hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés à quatre centimes par hectare.

Ces dispositions sont applicables, etc.

Cahier des charges de la concession de la mine de houille de SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS.

(Extrait.)

Art. 2. Les concessionnaires continueront à foncer leurs puits *de la Corvée*, ou commenceront un nouveau puits dans les alluvions, après avoir reconnu le prolongement des couches par des sondages. Dans tous les cas, tout puits foncé dans les alluvions devra être poussé jusqu'à la profondeur de 100 mètres avant d'ouvrir des travaux d'exploitation, qui jamais ne devront être faits à un niveau supérieur à 100 mètres.

Art. 22. Sur les limites de la concession de Montjean et de Désert, les concessionnaires des mines de Saint-Germain-des-Prés devront laisser intact un massif de 15 mètres d'épaisseur;

Dans tous les cas, si les gîtes à exploiter dans la con-

cession de Saint-Germain-des-Prés se prolongent hors de cette concession, etc., etc.

Mines d'anthracite de Linières et de la Cigotière.

Ordonnance du 30 *mai* 1846, *qui réunit à la concession des mines d'anthracite de* LINIÈRES *et de* LA CIGOTIÈRE, *instituée par l'ordonnance du* 12 *avril* 1841, *une étendue de terrain de* 2 *kilomètres carrés* 88 *hectares*, *dans la commune de* CHÉMÉRÉ-LE-ROI (Mayenne), *et circonscrite au Sud-Ouest*, *au Nord Ouest*, *au Nord-Est et au Sud-Est par des lignes droites menées successivement par la* Lorière, *la* Sancie, *la* Girardière *et la* Maison-Neuve.

(Extrait.)

Art. 2. Par suite de cette extension de périmètre, la concession de Linières et de la Cigotière est et demeure limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord-Est, par quatre droites menées, la première du clocher d'Epineu-le-Seguin au bâtiment d'habitation de la ferme de la Gaisnerie ; la deuxième de ce dernier point au bâtiment d'habitation du Grand-Rousson; la troisième du Grand-Rousson au bâtiment Est de la ferme de la Maison-Neuve ; la quatrième du dernier point au bâtiment Est de la ferme de la Girardière;

Au Nord-Ouest, par une droite passant par le bâtiment Est de la ferme de la Girardière et par le bâtiment Est de la ferme de la Saucie;

Au Sud-Ouest, par deux droites menées, la première de ce dernier point au bâtiment d'habitation de la Lorière, la seconde de la Lorière au bâtiment Ouest de la ferme de la Pommeraie et prolongée jusqu'à la limite Nord de la concession de Fercé;

Au Sud-Est, en suivant ladite limite jusqu'au clocher d'Epineu-le-Séguin, point de départ;

Lesdites limites indiquées sur le plan par les lettres ABCDEFGHA et renfermant une étendue superficielle de huit kilomètres carrés, quatre-vingt-quatre hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface, par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés pour la

portion de terrain annexée à la concession *de Linières et de la Cigotière*, à une rente annuelle de quatre centimes par hectare.

Ces dispositions seront applicables, etc.

Ordonnance du 30 *mai* 1846, *portant que le sieur* THIBAULOT *est autorisé à maintenir en activité, dans leur état actuel, deux lavoirs à cheval qu'il a établis, par suite d'une ordonnance du* 12 *septembre* 1826, *pour la préparation du minerai de fer, dans le pré* SAINT-NICAISE, *commune d'*OYRIÈRES (Haute-Saône).

Lavoirs à cheval, commune d'Oyrières.

Ordonnance du 30 *mai* 1846, *portant que le sieur* JACMART *est autorisé à établir au lieu dit* LE BUISSON, *commune de* LA VILLETTE, *arrondissement de* SAINT-DENIS (Seine), *une usine à fer mise en mouvement par une machine à vapeur.*

Usine à fer du Buisson, à la Villette.

La consistance de cette usine est fixée ainsi qu'il suit, savoir :

1° Six fours à puddler;

2° Trois fours à réverbère de chaufferie,

3° Les machines de compression nécessaires à l'étirage du fer.

(Extrait.)

Art. 3. Le permissionnaire et ses ayants cause ne pourront employer dans les fours que du combustible minéral.

Art. 8. Ils devront permettre constamment et faciliter la visite de l'usine par les ingénieurs des mines, auxquels est confiée la surveillance des usines métallurgiques du département de la Seine, soumises au régime de la loi du 21 avril 1810.

Ordonnance du 30 *mai* 1846, *portant que le sieur* CLAUSSE *est autorisé à transférer sur un terrain*

Lavoirs à bras, à Pansey.

qu'il tient à bail de M. le vicomte Pernety, *commune de* Pansey (Haute-Marne), *quatre des dix lavoirs à bras servant à la préparation du minerai de fer, situés près des usines à fer de* Pansey, *et autorisés au nom de ce dernier par les ordonnances des* 30 *juin* 1834 *et* 23 *septembre* 1838.

En conséquence le nombre des lavoirs à bras existants près desdites usines sera réduit à six.

Usine à fer de Bérard, commune d'Outrefurens.

Ordonnance du 30 *mai* 1846, *portant que les sieurs* Simon Vernay *et* Cie *sont autorisés à établir au lieu dit* Bérard, *commune d'*Outrefurens (Loire), *une usine pour le traitement de la fonte et sa conversion en fer forgé.*

Ladite usine sera composée :
1° De six fours à puddler ;
2° De quatre fours à réchauffer ;
3° Des appareils de compression nécessaires tant au cinglage qu'à l'étirage du fer.

(Extrait.)

Art. 4. Les permissionnaires ou leurs ayants cause ne pourront faire usage dans leur usine que de combustibles minéraux.

Usine à fer de Denain.

Ordonnance du 30 *mai* 1846, *portant que les sieurs* Serret, Lelièvre *et* Cie *sont autorisés à ajouter à leur usine à fer de* Denain (Nord), *les feux et artifices suivants, savoir :*
1° *Douze fours à puddler, destinés à convertir en fer la fonte et les mitrailles ;*
2° *Un gros marteau cingleur ;*
3° *Six fours à réverbère de chaufferie ;*
4° *Trois fours à tôle ;*
5° *Deux martinets ;*
6° *Un four à chauffer les rails.*

(Extrait.)

Art. 3. Les permissionnaires et leurs ayants cause ne pourront employer dans les fours que du combustible minéral.

Ordonnance du 30 mai 1846, portant que le sieur GUÉRARD *est autorisé à ajouter un haut-fourneau, pour la fusion du minerai de fer, à sa forge de* CHOISEAU, *située dans la commune de* MARMAGNE (Côte-d'Or). Usine à fer de Choiseau.

L'établissement métallurgique de Choiseau demeure en conséquence composé d'un haut-fourneau au charbon de bois, d'un feu d'affinerie et des machines soufflantes et de compression nécessaires à la fabrication du fer.

(Extrait.)

Art. 20. L'ordonnance royale du 12 janvier 1825 est et demeure rapportée dans ses dispositions relatives au régime des eaux.

Ordonnance du 30 mai 1846, portant que les sieurs MONARD *et* MARTIN *sont autorisés à maintenir en activité l'usine à fer du* BOULAY, *située sur la rivière des* LIMOUSINS, *commune de* CHASNAY (Nièvre). Usines à fer du Boulay.

Ladite usine est composée :
1° De deux feux de petite forge ;
2° D'un bocard à laitiers ;
3° Des machines soufflantes et de compression nécessaires à la fabrication du fer.

Ordonnance du 3 juin 1846, qui accorde à la Société propriétaire de la concession des mines d'anthracite de LA CHAUNIÈRE *et des* BORDEAUX (Mayenne), *une* Mines d'anthracite de la Chaunière et des Bordeaux.

extension de concession d'une contenance de 5 kilomètres carrés 74 hectares, portant sur les communes de la Baconnière *et du* Bourgneuf, *et figurée par les lignes passant successivement par* la Joussais, la Hétaudière, *le point d'intersection de la droite dirigée du* Hautbois *sur* le Perron *avec celle menée de* la Hétaudière *à* la Vollière, le Perron, le Hautbois, la Poulaillerie, la Sainte-Mière, l'Hôtellerie *et* la Gasnerie.

(Extrait.)

Art. 2. Par suite de cette extension, la concession de la Chaunière et des Bordeaux est et demeure limitée ainsi qu'il suit, savoir :

Au Nord, par une droite OB menée de la Poulaillerie au Haut-Bois; par une seconde droite BA allant du Haut-Bois au Perron et prolongée jusqu'à sa rencontre au point A avec une droite dirigée de la Hétaudière à la Vollière; et par la portion de cette dernière ligne comprise entre le point A et la Vollière, point K du plan;

A l'Est, par deux droites KI, IH, tirées de la Vollière à Crué, et de Crué à Goland;

Au Sud, par une droite HG allant de Goland à la Haverie et prolongée, jusqu'à sa rencontre en G, avec une droite tirée de la chapelle de Barbin sur le Bourgneuf, puis par la portion de cette dernière droite comprise entre le point G et le point F, intersection du prolongement d'une droite menée de la Jaussais au Plessis, et par la droite FR, allant du point F à l'Hôtellerie;

A l'Ouest, par deux droites RP, PO, menées de l'Hôtellerie à la Sainte-Mière, et de la Sainte-Mière à la Poulaillerie, point de départ;

Lesdites limites renfermées dans le périmètre OBAKIH GFRPO comprenant une étendue superficielle de quinze kilomètres carrés, soixante-sept hectares.

Art. 4. Les droits attribués aux propriétaires de la surface par les articles 6 et 42 de la loi du 21 avril 1810, sur le produit des mines concédées, sont réglés, pour la nouvelle portion de terrain annexée à ladite concession,

à une rétribution annuelle de quatre centimes par hectare.

Ces dispositions seront applicables nonobstant les stipulations contraires qui pourraient résulter des conventions antérieures entre le concessionnaire et les propriétaires de la surface.

Ordonnance du 5 juin 1846, portant que le sieur PALIERNE DE CHASSENAY *est autorisé à maintenir en activité l'usine à fer de* CHASSENAY, *située sur la rivière de* L'ACOLIN, *commune de* SAINT-GERMAIN-CHASSENAY (Nièvre). Usine à fer de Chassenay.

Cette usine demeure composée de deux feux de petite forge, d'un feu de mazerie et des machines soufflantes et de compression nécessaires à la fabrication du fer.

Ordonnance du 27 juin 1846, portant que les sieurs LAPÉROUSE *frères sont autorisés à maintenir en activité dans leur usine à fer de* CHENECIÈRE, *situé commune de* SAINT-MARC-SUR-SEINE (Côte-d'Or) : 1° *un four à réverbère de chaufferie ;* 2° *deux fours à réverbère dits* fours dormants ; 3° *les machines de compression et d'étirage, et tous les accessoires nécessaires à la fabrication de la tôle.* Usine à fer de Chenecière.

Ordonnance du 27 juin 1846, portant que le sieur LASNÉ DU COLOMBIER *est autorisé à maintenir en activité l'usine de* MARTEAU-NEUF, *située sur la rivière du* MAZOU, *commune de* MARCY (Nièvre). Usine à fer de Marteau-Neuf.

Cette usine est et demeure composée de deux feux de petite forge, d'un feu de mazerie et des machines soufflantes et de compression nécessaires à la fabrication de l'acier et du fer.

Usines de Brévilly.

Ordonnance du 29 *juin* 1846, *portant que les sieurs* Poupillier fils *et* Cie *sont autorisés :* 1° *à maintenir en activité un bocard à crasses à seize pilons et un patouillet servant à la préparation des minerais de fer, établis dans les usines de* Brévilly (Ardennes) ; 2° *à ajouter un quatrième feu d'affinerie au charbon de bois, et un deuxième four à souder le fer aux foyers et fours autorisés par les ordonnances des* 20 *septembre* 1838 *et* 12 *octobre* 1841, *relatives aux mêmes usines.*

(Extrait.)

Art. 9. Si l'administration juge ultérieurement que l'établissement de bassins est nécessaire pour l'épuration des eaux bourbeuses provenant du lavage des minerais, ils se soumettront à toutes les mesures propres à prévenir les dommages auxquels seraient exposées les propriétés riveraines. A cet effet, ils fourniront au préfet, dans le délai qu'il leur fixera, un nouveau plan du patouillet et des terrains environnants, en triple expédition, et à l'échelle de 2 millimètres pour mètre, sur lequel ils indiqueront l'emplacement et la dimension des bassins qu'ils auraient le projet d'établir.

CIRCULAIRES

Adressées à MM. les Préfets et à MM. les Ingénieurs des mines.

Paris, le 15 janvier 1846.

Pensions accordées aux garde-mines et aux veuves de ces agents.

Monsieur le préfet, j'ai l'honneur de vous adresser copie d'une ordonnance royale en date du 29 décembre 1845, rendue sur le rapport de M. le ministre des travaux publics et d'après ma proposition, qui applique aux garde-mines et aux veuves de ces agents le bénéfice des dispositions du titre 3 du décret du 25 août 1804.

En exécution de cette ordonnance, les garde-mines actuellement attachés au service du département d

subiront, à partir du 1er janvier 1846, les retenues prescrites par l'ordonnance royale du 25 février 1833.

J'espère que les garde-mines verront dans la mesure dont ils viennent d'être l'objet la preuve de l'intérêt que l'administration prend à leur sort. Ils sauront, je n'en doute pas, justifier cette faveur par de nouveaux efforts dans l'accomplissement de leurs devoirs.

Je vous prie, monsieur le préfet, de m'accuser réception de la présente, dont j'adresse ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée,

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 5 mars 1846.

Demande des états des accidents arrivés dans les mines, minières, carrières et tourbières pendant l'année 1845.

Monsieur le préfet, MM. les ingénieurs doivent fournir, au commencement de chaque année, des états des accidents arrivés dans les mines, minières, carrières et tourbières pendant l'année précédente.

J'ai l'honneur de vous adresser deux imprimés pour servir à la rédaction de ce travail en ce qui concerne les accidents survenus en 1845.

Ces imprimés sont conformes au modèle adopté précédemment, sauf l'addition d'une colonne destinée à présenter le nombre des accidents qui ont eu lieu dans chaque exploitation, en regard du chiffre des ouvriers qui en ont été victimes. En outre, on a consigné en tête quelques indications ayant pour but d'assurer dans l'exécution du travail toute l'uniformité désirable.

Je vous prie de faire remplir les tableaux ci-joints par M. l'ingénieur des mines, qui gardera l'un *comme* minute. Je vous serai obligé de me transmettre l'autre le plus tôt possible, avec vos observations et celles de M. l'ingénieur en chef.

Je me réfère du reste aux instructions des 12 septembre 1839 et 20 janvier 1845.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

DÉPARTEMENT d

ÉTAT des accidents arrivés dans les mines, minières, carrières et tourbières pendant l'année 184 .

NOTA. Il est essentiel de présenter séparément les différentes espèces d'exploitations, en ayant soin de distinguer les travaux à ciel ouvert de ceux qui sont opérés souterrainement.

On comprendra dans le tableau non-seulement les mines, minières, etc., où des accidents ont eu lieu, mais encore celles où l'on n'a eu aucun malheur à déplorer, afin qu'on puisse établir le rapport du nombre des ouvriers tués et blessés au nombre des ouvriers employés dans l'ensemble des exploitations.

Pour les exploitations à ciel ouvert, les ouvriers employés seront portés dans la colonne intitulée : *Ouvriers employés à l'extérieur;* les mêmes nombres seront répétés dans la colonne *Total*, qui suit.

NOMS DES MINES, MINIÈRES, carrières et tourbières.	OUVRIERS EMPLOYÉS			NOMBRE DES ACCIDENTS.	OUVRIERS TUÉS ET BLESSÉS																Total général des ouvriers tués et blessés.	Nombre de jours pendant lesquels les ouvriers blessés n'ont pu travailler.	OBSERVATIONS.
					par ÉBOULEMENTS.		par EXPLOSIONS de gaz hydrogène carboné.		par COUPS DE MINES.		par ASPHYXIES.		par INONDATIONS.		par RUPTURES de machines, engins, câbles, chaînes; PAR CHUTE de tonnes, etc.		par LEUR CHUTE dans les puits, etc.		TOTAL.				
	à l'intérieur.	à l'extérieur.	TOTAL.		Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.	Tués.	Blessés.			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)

A le 184 .

L'ingénieur des mines chargé du département d

OBSERVATIONS DE L'INGÉNIEUR EN CHEF.

Paris, le 16 mars 1846.

Machines locomotives.

—

Appareils manométriques.

Monsieur le Préfet, aux termes de l'article 53 de l'ordonnance royale du 22 mai 1843, sur les appareils à vapeur, les chaudières de machines locomotives doivent être munies d'un manomètre soit à air libre, soit à air comprimé, ou d'un thermomanomètre, destinés à indiquer à chaque instant la tension de la vapeur.

Quelques délais avaient été accordés pour l'exécution de cette disposition, afin de donner aux compagnies le temps dont elles pouvaient avoir besoin pour trouver dans le commerce ou faire elles-mêmes construire des instruments de ce genre, appropriés à ces sortes de chaudières.

Elles ont dû se mettre en mesure à cet égard, et déjà, sur plusieurs chemins de fer, les locomotives sont pourvues d'appareils manométriques qui offrent les conditions nécessaires.

L'administration n'entend nullement prescrire l'usage exclusif de tel ou tel système. Ici, comme pour les autres moyens de sûreté, l'ordonnance de 1843 a laissé toute latitude quant au mode d'application. Ce qu'elle doit exiger seulement, c'est que les instruments employés remplissent le but proposé. Ainsi, on est libre de se servir de manomètres ouverts ou fermés, ou de thermomanomètres de constructions diverses, pourvu qu'ils aient une précision suffisante, que leurs indications soient faciles à distinguer dans les voyages de jour et de nuit. Mais il y a lieu de tenir la main à l'exécution de l'article 53 de l'ordonnance, actuellement qu'il est bien constaté que l'on peut, avec des précautions, des dispositions convenables, satisfaire dans la pratique aux conditions requises.

Je joins à la présente, à titre de renseignement, un rapport qui m'a été adressé par la commission centrale des machines à vapeur, sur un manomètre à air libre présenté par M. Richard, de Lyon. Ce rapport, dans lequel on trouvera des indications utiles, est imprimé ci-après.

Quels que soient les instruments que l'on emploiera, il sera nécessaire que MM. les ingénieurs vérifient, de

temps à autre, l'exactitude de leur graduation. Pour les manomètres, cela peut s'effectuer facilement en les comparant à un manomètre à air libre ordinaire, soigneusement gradué, que l'on applique à un récipient quelconque, dans lequel on foule de l'eau à l'aide d'une pompe. Ce récipient porte un tuyau avec une tubulure à laquelle on adapte le manomètre qu'il s'agit de vérifier. Les deux instruments doivent accuser des pressions égales. Quant aux vérifications des thermomanomètres, je me réfère aux détails contenus à ce sujet dans l'instruction du 23 juillet 1843 (§ III, n° 2). Les compagnies de chemins de fer devront avoir, dans leur atelier principal de réparation, ces moyens de vérification qui sont très-simples et d'une grande utilité.

Je vous invite, monsieur le préfet, à leur fixer un délai de trois mois pour se conformer aux prescriptions de l'article précité de l'ordonnance du 23 mai, et à me rendre compte de l'exécution que ces mesures auront reçue dans votre département, en faisant connaître quelles sont les espèces de manomètres ou de thermomanomètres que l'on aura adoptés.

Je vous prie aussi de m'accuser réception de la présente, dont je transmets une ampliation à MM. les ingénieurs.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Avis de la commission centrale des machines à vapeur.

La commission, dans sa séance du 13 juin 1845, à laquelle assistaient MM. Cordier, président, de Boonard, Kermaingant, Garnier, Mary, Lamé et Combes, secrétaire, a pris connaissance de la lettre du 20 mai dernier, par laquelle M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics demande son avis sur un manomètre raccourci à air libre, présenté par M. Richard, fabricant d'instruments de physique, à Lyon. Le secrétaire, après avoir mis sous

les yeux de la commission un dessin de l'instrument qui était joint à la lettre de M. Richard, a donné lecture du rapport suivant.

Rapport.

M. Richard, fabricant d'instruments de physique, à Lyon, s'est occupé de la construction d'un manomètre à air libre qui pût s'adapter aux chaudières des machines locomotives et des bateaux, quelque élevée que fût la pression effective de la vapeur dans leur intérieur. Il fallait, pour cela, réduire de beaucoup la hauteur de l'instrument : M. Richard a donc construit, sur un principe bien connu des physiciens, et que plusieurs personnes avaient déjà essayé d'appliquer aux manomètres de chaudières à vapeur, un manomètre raccourci, composé d'un tube replié plusieurs fois sur lui-même, de manière à présenter une série de branches verticales reliées l'une à l'autre par des coudes arrondis. L'instrument, développé dans un même plan vertical, présente une suite continue de siphons alternativement droits et renversés, à branches verticales ; du mercure remplit tous les coudes inférieurs, et s'élève jusqu'au milieu de la hauteur des branches verticales. Les colonnes de mercure sont séparées par des colonnes d'eau qui occupent les coudes supérieurs et l'autre moitié de la hauteur des branches verticales. L'appareil étant ainsi complétement rempli de colonnes alternantes de mercure et d'eau, si l'on met une des extrémités du tube en communication avec une chaudière à vapeur, l'autre extrémité demeurant ouverte à l'air libre, l'excès de la pression dans la chaudière sur celle de l'atmosphère déterminera la dénivellation simultanée du mercure dans toutes les branches ; ces dénivellations seront d'égale hauteur, si le tube replié est exactement calibré dans toute sa longueur, et, dans ce cas, la pression effective de la vapeur dans la chaudière sera donnée par la hauteur à laquelle le mercure se sera élevé au-dessus du point de départ dans la branche ouverte du tube, multipliée par le nombre de branches verticales, sauf la correction due à l'influence du poids de l'eau intermédiaire entre les colonnes de mercure. Cette correction se fera en multipliant le produit précédent par la fraction $\frac{63}{68}$, qui exprime le rapport

de l'excès de la densité du mercure sur celle de l'eau à la densité du mercure. S'il y a, par exemple, 22 branches verticales, h désignant l'élévation du mercure en millimètres, dans la branche ouverte à l'air libre, la pression effective de la vapeur sera mesurée par une colonne de mercure égale à $22\,h \times \frac{63}{68}$; $\frac{22h \times \frac{63}{68}}{760}$ sera la pression effective en atmosphères, et chaque atmosphère de pression sera mesurée par $\frac{760 \times 68}{63 \times 22} = 37^{\text{mill}},3$ de mercure. Ainsi une pression totale de 7, ou une pression effective de 6 atmosphères, la plus forte qui soit usitée dans l'industrie, sera accusée par une dénivellation du mercure de $223^{\text{mill}},8$, dans la branche ouverte, égale à celle qui aura lieu dans les autres branches. Il n'y a, dans tout ce qui précède, rien qui ne soit déjà connu depuis longtemps, et qui n'ait été appliqué. Je rappellerai notamment à la commission l'essai qu'elle a fait, il y a deux ans, d'un semblable manomètre à tubes de verre, construit par M. Collardeau, et qui fut appliqué sur une machine locomotive du chemin de Paris à Corbeil, en même temps qu'un manomètre à air comprimé et un thermomanomètre. Il nous reste à examiner si, dans l'application, M. Richard est parvenu à éviter les inconvénients qu'on reprochait justement aux appareils du même genre déjà proposés, et à construire un instrument d'un bon usage pratique.

M. Richard a adressé, en même temps que son mémoire et le dessin qui est sous nos yeux, un de ces manomètres, que j'ai fait adapter à la chaudière à vapeur construite par les soins de la commission, et actuellement établie à l'entrepôt des marbres. J'ai comparé cet instrument, qui a été garni de mercure et d'eau, et dont l'échelle a été réglée par le sieur Obry, chaudronnier, mandataire à Paris de M. Richard, avec un manomètre à air libre ordinaire, dont l'échelle s'élève jusqu'à 6 atmosphères. Je donnerai plus loin le tableau de la marche comparée des deux instruments. J'indique d'abord les détails de construction du manomètre raccourci de M. Richard.

Le tube replié est en fer; les branches verticales, au nombre de 22, ont une hauteur totale de $0^{\text{m}},50$. Elles sont groupées de manière à ce que leur ensemble forme un parallélipipède rectangle, dont la base a $0^{\text{m}},14$ sur

$0^m,062$. La dernière branche verticale ouverte à l'air libre est ramenée vers le milieu de la face antérieure du parallélipipède, et porte un tube en verre de $0^m,215$ de hauteur, qui laisse apercevoir l'extrémité de la colonne de mercure. Ce tube en verre est maintenu entre l'extrémité du tube replié et un autre bout de tube, qui se recourbe et communique avec un tube en fer cylindrique plus large, placé derrière le parallélipipède, et qui constitue un réservoir destiné à retenir le mercure dans le cas où, par suite d'une pression trop élevée dans la chaudière, ou d'une oscillation qui aurait lieu au moment de l'ouverture du robinet, la colonne mercurielle viendrait à dépasser l'extrémité supérieure du tube en verre. Le mercure peut être retiré de ce réservoir en ôtant une vis en fer qui ferme un orifice ménagé à sa partie inférieure.

La première branche du manomètre, celle qui est mise en communication directe avec la chaudière, se prolonge jusqu'à la surface du parallélipipède circonscrit à l'ensemble des plis du tube. Elle porte deux robinets placés, l'un à son extrémité supérieure, à l'arrivée du tube venant de la chaudière; l'autre au niveau ou un peu au-dessus du niveau que doit atteindre le mercure, lorsque le manomètre n'est point en pression. Je dirai tout à l'heure l'usage de ces robinets.

Pour remplir l'instrument de mercure et d'eau, des ouvertures fermées par des vis en fer sont ménagées, les unes aux sommets des coudes supérieurs de tous les siphons renversés, les autres sur une même ligne horizontale au milieu de la hauteur des branches verticales situées d'un même côté. On remplit d'abord, par ces dernières ouvertures, les parties inférieures de tous les tubes de mercure, que l'on introduit au moyen d'un petit entonnoir à tige recourbée. L'on verse du mercure dans chaque tube, jusqu'à ce qu'il vienne affleurer les ouvertures. On ferme celles-ci par les vis en fer. On ouvre ensuite les ouvertures ménagées aux sommets des coudes supérieurs, et on y verse, à l'aide d'un entonnoir élevé à tige effilée, de l'eau, de manière à remplir complétement les parties supérieures des branches verticales. La partie supérieure de la première branche verticale étant également remplie d'eau, jusqu'au niveau où elle se maintiendra remplie par l'eau provenant de la vapeur con-

densée, quand elle sera mise en communication avec la chaudière, on ferme tous les orifices. Le n° 1 de l'échelle divisée en atmosphères doit correspondre à la position qu'occupe alors le niveau du mercure dans le tube en verre. L'échelle du manomètre est tracée sur une lame de cuivre. Elle est divisée d'après le nombre de branches de l'instrument supposé bien calibré; elle est mobile le long du tube en verre, et peut être fixée par deux vis de pression, de manière à ce que le chiffre 1 corresponde au niveau du mercure, lorsque le manomètre communique par l'une et l'autre de ses extrémités avec l'atmosphère. L'échelle du manomètre que j'ai mis en expérience marque jusqu'à 7 atmosphères. L'intervalle d'une atmosphère est de 37 millimètres.

Les replis du tube en fer sont maintenus par des entretoises. Tout l'instrument, groupé d'une manière élégante en un parallélipipède de 0m,50 de hauteur, et dont la base a 0m,14 sur 0m,062, est ajusté sur une plaque en fer avec des montants en équerre à la partie postérieure, de sorte qu'il peut être adapté facilement et simplement à l'avant d'une chaudière de machine locomotive, sur une chaudière de bateau ou devant le foyer d'une chaudière, de manière à ce que l'échelle soit, dans tous les cas, bien bien en vue du chauffeur.

On peut vérifier, à un instant quelconque, quand le manomètre est en place, s'il marque 1 atmosphère lorsque la pression est supprimée. A cet effet, après avoir fermé le robinet supérieur de la première branche qui intercepte la communication avec la chaudière, on ouvre le second robinet placé au-dessous sur la même branche. Le tube replié étant ainsi mis en communication par les deux bouts avec l'atmosphère, le mercure doit retomber dans le tube en verre au n° 1 de l'échelle.

Si le tube qui met le manomètre en communication avec la chaudière vient à s'engorger, il suffit, pour le purger, d'ouvrir le robinet inférieur; l'eau contenue dans le tube de communication est chassée par la pression de la vapeur et emporte, en s'écoulant par le robinet, les matières qui avaient occasionné l'obstruction.

La correspondance du niveau du mercure dans le tube en verre avec les divisions de l'échelle s'aperçoit avec facilité, même pendant la marche des machines locomotives.

J'ai dit que M. Richard divisait l'échelle de ses manomètres par le calcul, d'après le nombre des branches du tube, et en le supposant exactement calibré. Il faut d'ailleurs, pour que cette division soit exacte, que le tube en verre soit du même diamètre intérieur que le tube en fer. On conçoit qu'il peut être assez difficile de se procurer des tubes en verre qui soient exactement du même calibre que les tubes en fer. Il est certain du moins que cette condition n'est pas remplie dans l'instrument que M. Richard a adressé à l'administration avec son mémoire. Voici en effet le tableau de comparaison de la marche de son manomètre avec le manomètre à air libre ordinaire.

Indications correspondantes du manomètre à air libre et du manomètre de M. Richard, immédiatement après que celui-ci a été rempli de mercure et d'eau.

MANOMÈTRE à air libre. a	MANOMÈTRE de M. Richard. b	DIFFÉRENCE.	RAPPORT de la différence à la pression effective. $\frac{d}{a-1}$
1 atm.	1 atm.	0	$\frac{0}{0}$
1,50	1,57	0,07	0,14
2	2,15	0,15	0,15
2,25	2,45	0,20	0,16
2,40	2,60	0,20	0,143
2,50	2,80	0,30	0,20
3	3,45	0,45	0,225
3,50	4,10	0,60	0,24
4	4,65	0,65	0,216
4,50	5,25	0,75	0,214
5	5,90	0,90	0,225
5,50	6,50	1	0,222
5,90	7	1,10	0,224

Après un intervalle de cinq jours, pendant lesquels la chaudière avait été chauffée, on a comparé de nouveau le manomètre de M. Richard au manomètre à air libre.

Voici les résultats de cette seconde comparaison.

MANOMÈTRE à air libre. a	MANOMÈTRE de M. Richard. b	DIFFÉRENCE. d'	RAPPORT de l'excès de différence initiale à la pression effective accusée par le manomètre ordinaire. $\frac{d'-d}{a-1}$	
atm. 1	atm. 1,40	d'=0,40	$\frac{0}{0}$	
1,50	2	0,50	0,20	
2	2,75	0,75	0,35?	Cette observation est évidemment fausse.
2,50	3,25	0,75	0,233	
2,80	3,60	0,80	0,222	
3	3,85	0,85	0,225	
3,50	4,50	1	0,24	
4	5,10	1,10	0,233	
4,50	5,70	1,20	0,228	
5	6,30	1,30	0,225	
5,50	6,90	1,40	0,222	

Il résulte des deux séries d'observations précédentes : 1° que le manomètre de M. Richard a été constamment en avance sur le manomètre à air libre, de manière à ce que, quand le point de départ des deux échelles était le même, le manomètre de M. Richard accusait déjà une pression trop forte d'une atmosphère $\frac{1}{10}$ pour 5^{atm},90 de pression totale, ou 4^{atm},90 de pression effective ;

2° Que le point de départ de l'échelle du manomètre de M. Richard se déplace en peu de temps d'une manière très-sensible. Quant au premier point, l'inexactitude de l'instrument, croissante en même temps que la pression de la vapeur, tient principalement à ce que le tube de verre avait un diamètre intérieur plus petit que le tube en fer. Ni l'un ni l'autre tube ne sont exactement calibrés, et il ressort de l'ensemble des deux tableaux que le tube en verre, notamment, a dans sa partie inférieure un diamètre un peu plus grand que dans les parties supérieures, où le diamètre est à peu près uniforme. Quant au second point, le déplacement de la base de l'échelle est dû vraisemblablement à ce que l'eau versée dans les siphons supérieurs contenait quelques bulles d'air qui auront augmenté de volume avec la température. Quoi qu'il en soit, ce dernier vice n'en est réellement pas un, ou n'a du moins aucune gravité, puisqu'on peut à volonté vérifier et rectifier la position de l'échelle, en mettant les deux extrémités du tube replié en communication avec l'atmosphère. Il n'en est pas de même du premier. Nous estimons qu'il sera toujours extrêmement difficile de se procurer un tube de verre ayant exactement le même calibre intérieur que le tube en fer. Il sera aussi difficile de se procurer des tubes soit en fer, soit en verre, qui soient exactement calibrés dans toute leur étendue. Cependant on peut, par un bon choix de tubes qui exigera des précautions assez minutieuses, satisfaire à cette dernière condition avec une approximation suffisante pour la pratique. On aurait alors un instrument suffisamment précis, en déterminant le point le plus élevé de l'échelle, non par le calcul, mais par comparaison directe avec un manomètre à air libre ordinaire. On diviserait ensuite l'intervalle compris entre le point de départ et le point le plus élevé en parties égales représentant des dixièmes d'atmosphère; l'instrument ne serait ainsi entaché que des erreurs provenant du défaut de calibrage exact des deux tubes en fer et en verre, qui pourraient d'ailleurs être de diamètres inégaux entre eux. Mais toutes les fois qu'un tube en verre serait remplacé par un autre, il faudrait en même temps changer l'échelle en cuivre, ou du moins la vérifier de nouveau. Il est évident que, si l'échelle du manomètre de M. Richard eût été ainsi faite empiriquement, par comparaison avec un bon manomètre ordi-

naire, elle aurait eu toute la précision nécessaire pour la pratique. Il nous paraît d'ailleurs important que l'on ait des tubes soit en verre, soit en fer, d'un calibre assez uniforme pour qu'on puisse se contenter de déterminer ainsi par l'observation les points extrêmes de la division de l'échelle, sans employer le même moyen pour les divisions intermédiaires, parce que, d'une part, la graduation que l'on devra renouveler toutes les fois qu'un tube en verre se cassera, sera ainsi plus facile, et que, d'un autre côté, il importe d'avoir des divisions d'égale étendue.

J'ai fait le voyage de Paris à Versailles sur une locomotive munie d'un manomètre de M. Richard. J'ai vérifié le point de départ de l'échelle pendant la marche : je me suis assuré que l'instrument se comportait bien ; qu'il s'adaptait avec facilité aux locomotives, sans gêner en quoi que ce soit les manœuvres du mécanicien et du chauffeur ; que ses indications étaient facilement lisibles. Les mécaniciens que j'ai interrogés à ce sujet n'ont aucune objection à faire à l'usage de cet instrument ; ils en reconnaissent l'utilité.

M. Verpilleux, de Rive-de-Gier, a adapté le manomètre de M. Richard aux locomotives qu'il emploie au remorquage des waggons vides ou chargés, à la remonte de Rive-de-Gier à Saint-Etienne.

MM. Schneider, du Creusot, ont adapté des manomètres semblables à leurs chaudières de bateaux à vapeur. Le prix de ces instruments, pouvant accuser des pressions de 7 à 7 $\frac{1}{2}$ atmosphères, est de 200 francs.

Il résulte de ce qui précède :

1° Que le manomètre raccourci de M. Richard peut être facilement adapté aux chaudières de machines locomotives, comme aux chaudières de bateaux à haute pression ;

2° Que les indications de ce manomètre, sans comporter le même degré d'exactitude que le manomètre ordinaire à air libre et à long tube de verre, tel qu'il est décrit dans l'instruction ministérielle du 22 juillet 1843, sont cependant susceptibles d'une précision suffisante pour les besoins de la pratique, pourvu que les tubes en verre et en fer aient été choisis aussi bien calibrés que possible, que les deux points extrêmes de l'échelle aient été déterminés par comparaison directe avec un manomètre bien construit, et que l'on ait soin de vérifier fréquemment et

de rectifier au besoin la position du point de départ de l'échelle ;

3° Que la division de l'échelle par un calcul qui suppose l'égalité du calibre intérieur des tubes en fer et en verre sera presque toujours fort inexacte et doit être rejetée ; qu'en conséquence il sera indispensable, quand on remplacera le tube en verre d'un manomètre de M. Richard, de remplacer aussi l'échelle, ou du moins de la vérifier de nouveau.

L'ingénieur en chef des mines,
secrétaire de la commission, rapporteur.

CH. COMBES.

La commission, après en avoir délibéré, approuve le rapport qui précède et en adopte les conclusions.

L'inspecteur général des mines,
président de la commission,

L. CORDIER.

L'ingénieur en chef des mines, secrétaire,

CH. COMBES.

Paris, le 28 avril 1846.

Documents statistiques à réunir pour l'année 1845.

Monsieur, j'ai l'honneur de vous adresser en double exemplaire, dont l'un servira de minute et restera dans votre bureau, les six états destinés à contenir les documents statistiques relatifs aux mines et aux usines minéralurgiques pour l'année 1845. Je ne puis que me référer aux instructions que j'ai transmises précédemment sur cet objet. Je rappellerai particulièrement ici la circulaire du 19 juin de l'année dernière.

Sauf quelques imperfections de détail, et que j'ai signalées dans une correspondance spéciale à ceux de MM. les ingénieurs qui ne s'étaient pas entièrement conformés à ces instructions, le travail statistique produit dans ces derniers temps a été en général bien exécuté. MM. les ingénieurs ont donné ainsi des preuves d'un zèle que j'apprécie et sur lequel je me plais toujours à compter. Maintenant que le cadre de ce travail est fixé, la tâche

devient moins difficile ; je ne doute point qu'ils ne mettent, comme par le passé, tous leurs soins à la remplir.

En les invitant à se reporter aux précédentes instructions, j'appellerai particulièrement ici leur attention sur quelques points qui, d'après l'examen du dernier travail, ont paru devoir leur être surtout signalés.

État n° 1. — Il est essentiel de ne point omettre de mentionner le poids et la valeur approximative du combustible (anthracite, houille, lignite, tourbe) qui est employé sur les établissements pour les machines à vapeur, la consommation domestique, etc.

On devra apporter un soin tout particulier à la répartition du combustible produit dans le département entre les six catégories distinguées sur ce tableau, s'attacher à bien désigner les combustibles des catégories IV et V, qui paraissent avoir été jusqu'ici rattachés à tort, pour quelques départements, à l'une ou l'autre de ces catégories.

État n° 2. — Il importe de ne pas perdre de vue la recommandation faite explicitement par le renvoi (*) du tableau. Lorsque l'atelier où le minerai de fer doit être transporté est situé dans un département autre que celui où le minerai est extrait, le nom de ce département doit être mentionné entre parenthèses dans les colonnes (22), (28), (34), à la suite du nom de cet atelier.

État n° 4. — Les relevés généraux des chiffres contenus dans le dernier travail ont donné en général une concordance très-satisfaisante pour la plupart des matières premières et des produits de l'industrie du fer : deux articles seulement laissent à désirer sous ce rapport.

La balance de la production et de l'emploi des fontes prouve que MM. les ingénieurs ne tiennent pas suffisamment compte des vieilles fontes recueillies dans le commerce et converties dans les forges en fer forgé : chaque année on constate dans les approvisionnements de fonte nécessaires aux forges un déficit qui ne peut venir que de l'insuffisance de ces évaluations. Il importe que, dans les départements où les forges consomment des vieilles fontes et des déchets de mouleries, MM. les ingénieurs portent plus spécialement leur attention sur l'évaluation des quantités consommées.

Une circonstance analogue se produit pour l'évaluation des quantités de verges rondes ayant moins de 0m,001 de diamètre obtenues dans les laminoirs à petits fers. Cette verge ronde est employée pour d'autres usages que la tréfilerie, et cependant chaque année la seule consommation des tréfileries semble dépasser la production de la verge ronde. Il importe donc d'évaluer avec plus de soin la production de cette sorte de fers.

Ainsi que l'indique le cadre de l'état n° 4, MM. les ingénieurs devront toujours évaluer en poids le *bois* consommé par les usines à fer, en indiquant explicitement si le bois est *vert* (simplement séché à l'air), *desséché* (par un moyen artificiel), ou *torréfié* (avec carbonisation partielle); à côté de la désignation du bois, on devra indiquer entre parenthèses le poids du stère en kilogrammes. On devra aussi indiquer dans la colonne des observations, par une note correspondant à chaque usine où l'on consomme du bois en nature, la quantité de charbon à laquelle équivaut le quintal métrique de ce combustible, c'est-à-dire, suivant les cas, la quantité de charbon que l'on obtiendrait par la carbonisation de ce bois, ou celle qu'il faudrait consommer si le bois était remplacé, dans l'appareil où on le consomme, par du charbon de bois.

ÉTAT N° 5. — Dans la colonne destinée à recevoir l'indication de la valeur du sel marin extrait dans le département, il ne faut mentionner que la valeur marchande du sel sur le lieu de production, sans y comprendre la valeur qui y est ajoutée par l'impôt.

Vous remarquerez dans le résumé des travaux statistiques de l'année dernière, qui vous sera prochainement adressé, une seconde édition du tableau général des usines à fer qui avait été publié il y a dix ans. Si quelques erreurs se sont glissées dans ce travail, en ce qui concerne la désignation, le classement ou l'orthographe du nom des usines et de leurs propriétaires, je vous invite à me les signaler. Je vous invite aussi à me transmettre avec l'état n° 3 relatif à l'année 1845, les renseignements qui peuvent servir à combler les nombreuses lacunes que renferme encore le tableau général quant à la date de l'établissement ou de la reconstruction des usines.

Le travail qui fait l'objet de la présente devra m'être parvenu pour le 15 octobre, au plus tard. Je vous invite

très-expressément à faire en sorte que ce délai ne soit point dépassé.

MM. les ingénieurs ordinaires auront soin de signer leurs états; et conformément aux règles établies, ils me les transmettront par l'intermédiaire de MM. les ingénieurs en chef, qui y joindront leurs observations.

Recevez, monsieur, l'assurance de ma considération très-distinguée,

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 18 mai 1846.

Appareils à vapeur. — Envoi de documents relatifs à divers accidents.

Monsieur le préfet, j'ai l'honneur de vous adresser des exemplaires de deux notices sur de nouvelles explosions de chaudières à vapeur, qui ont eu lieu récemment. Je vous prie de les faire distribuer, comme les précédents mémoires dont je vous ai fait l'envoi les 27 octobre 1842, 15 janvier 1844 et 28 octobre 1845, aux principaux propriétaires et constructeurs d'appareils à vapeur dans votre département.

L'un de ces accidents, où vingt ouvriers ont été atteints, a eu pour causes l'excès de tension auquel on faisait fonctionner la chaudière, une construction vicieuse de l'appareil et l'omission de plusieurs des conditions de sûreté requises par l'ordonnance du 22 mai 1843.

Le second a également été occasionné par de graves contraventions au règlement. Les bouilleurs avaient été mal réparés et l'on avait remis la chaudière en activité sans lui faire subir une nouvelle épreuve. Les soupapes avaient en outre un trop petit diamètre, et elles étaient fortement surchargées.

Ces deux notices ont aussi été insérées dans les *Annales des Mines* et dans les *Annales des Ponts-et-Chaussées*.

Il importe de donner la plus grande publicité possible aux documents de cette nature. Ces malheureux événements montrent combien il est essentiel de ne négliger aucune des mesures et des précautions prescrites.

Recevez, monsieur le préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 29 mai 1846.

Prix de vente des combustibles minéraux. — Mercuriales trimestrielles.

Monsieur le Préfet, l'administration des mines connaît chaque année, par le travail des redevances et par les documents statistiques que lui adressent MM. les ingénieurs des mines, les prix des combustibles minéraux sur chaque mine de nos bassins carbonifères. Mais ces prix se rapportent à la totalité de la vente pendant l'année, et souvent sans distinction des diverses sortes et qualités de charbon extrait. Il m'a paru utile d'avoir à cet égard, au commencement de chaque trimestre, et pour chaque mine, des mercuriales détaillées et complètes. Tel est l'objet du tableau ci-annexé.

Vous remarquerez que l'ingénieur des mines doit indiquer sur le tableau le nom de la mine, celui du propriétaire, la commune où se trouve le siége de la direction, le bassin carbonifère auquel la mine appartient, la nature du combustible extrait, et les diverses sortes et qualités de combustible, et que les maires doivent *inscrire* les prix de vente de chacune d'elles. Il serait impossible que les ingénieurs des mines visitassent chaque année quatre fois les mines de leur arrondissement pour constater les prix de vente trimestrielles des combustibles minéraux. L'intervention des maires est ici d'autant plus naturelle que les prix de vente des substances minérales sont bien connus dans les communes où les mines sont situées, et que d'ailleurs le maire, en sa qualité de membre du *comité de proposition* pour l'assiette de la redevance proportionnelle (articles 18 et 19 du décret du 6 mai 1811), doit prendre des informations sur les divers éléments de l'évaluation du produit net imposable, et par conséquent sur les prix de vente.

Lorsque la concession s'étendra sur plusieurs communes, ce sera le maire de la commune où se trouve le siége de la direction de chaque exploitation qui devra intervenir.

S'il était personnellement intéressé dans l'exploitation, il serait suppléé par l'adjoint.

Les indications du maire ou de l'adjoint devront être contrôlées par l'ingénieur des mines, qui les rectifiera, s'il y a lieu, et qui inscrira à cet égard ses observations

sur le tableau dans la colonne destinée à cet objet. Une autre colonne est consacrée à celles que vous pourrez avoir à ajouter.

Lorsqu'une mine ne sera pas exploitée, il y aura lieu de dresser un tableau *négatif* des prix de vente, en sorte qu'il devra toujours m'être transmis autant de tableaux qu'il y a de mines de combustibles minéraux dans votre département.

Je vous prie de transmettre immédiatement les tableaux ci-joints à M. l'ingénieur des mines, qui remplira les colonnes 1, 2, 3, 4 et 5, et d'adresser ensuite les tableaux ainsi préparés aux maires des communes où se trouve le siége de l'exploitation. Lorsqu'ils vous les auront renvoyés avec les indications que doivent contenir les colonnes 6, 7 et 8, vous les adresserez à M. l'ingénieur des mines, pour qu'il consigne ses observations particulières dans la colonne 9.

Les tableaux devront être dressés au commencement de chaque trimestre, c'est-à-dire au 1er janvier, au 1er avril, au 1er juillet et au 1er octobre.

Je vous serai obligé de me les adresser exactement dans la première quinzaine de chaque trimestre.

J'attends dans les premiers jours de juillet ceux du trimestre qui sera expiré le 30 juin.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée,

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

MINISTÈRE
DES
TRAVAUX PUBLICS.

DIVISION DES MINES.

MERCURIALES
DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX.

TRIMESTRE
DE 184 .

DÉPARTEMENT D

NOM DE LA MINE et nom du propriétaire. (Indiqués par l'ingénieur des mines.)	NOM DE LA COMMUNE où se trouve le siége de la direction de la mine. (Indiqué par l'ingénieur des mines.)	NOM du BASSIN CARBONIFÈRE. (Indiqué par l'ingénieur des mines.)	NATURE du COMBUSTIBLE extrait (anthracite, houille, lignite). (Indiquée par l'ingénieur des mines.)	DIVERSES SORTES et QUALITÉS de combustibles. (Indiquées par l'ingénieur des mines.)	PRIX MOYEN sur le carreau de la mine de chaque sorte et qualité de combustible. (Indiqué par le maire.)		OBSERVATIONS du MAIRE DE LA COMMUNE.	OBSERVATIONS de L'INGÉNIEUR DES MINES.	OBSERVATIONS du PRÉFET.
					Par quint. métrique.	Par hectolitre.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Paris, le 2 juin 1846.

Monsieur le Préfet, la circulaire du 20 septembre 1843 a indiqué comment devait s'effectuer le prélèvement, au profit du Trésor, d'un vingtième de l'indemnité revenant aux communes pour le prix du minerai de fer extrait des bois communaux. Exploitation du minerai de fer dans les bois communaux.

Ce prélèvement était la conséquence de l'article 5 de la loi de finances du 25 juin 1841, portant que, pour dédommager l'État des frais d'administration des bois des communes et des établissements publics, il serait perçu un vingtième de la valeur des produits principaux ou accessoires desdits bois.

Aux termes de l'article 6 de la loi du 19 juillet 1845, relative à la fixation du budget des recettes de l'exercice 1846, les prélèvements sur les ventes ou délivrances en nature des produits des bois des communes et des établissements publics cessent d'être appliqués aux produits accessoires.

Il en résulte que le prélèvement qui s'opérait sur le prix du minerai ne doit plus subsister, puisqu'il n'avait lieu qu'en tant que ces extractions de minerai étaient considérées comme un produit accessoire du sol boisé.

Et ainsi la clause que l'on insérait dans les arrêtés qui ont pour objet d'autoriser les exploitations ne devra plus, à l'avenir, y figurer.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de m'accuser réception de cette circulaire, dont je transmets une ampliation à MM. les ingénieurs des mines.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée,

Le sous-secrétaire d'État des travaux publics,

Signé LEGRAND.

Paris, le 6 juin 1846.

Bateaux à vapeur qui naviguent sur mer.

Envoi de l'ordonnance du 17 janvier 1846. Instructions relatives à son exécution.

Monsieur le Préfet, j'ai l'honneur de vous transmettre l'ordonnance du 17 janvier dernier portant règlement pour les bateaux à vapeur qui naviguent sur mer.

Ces bateaux étaient soumis, indépendamment des conditions imposées à tous les navires de commerce français, tant par le Code de commerce que par les lois et règlements sur la navigation, aux mêmes mesures que ceux qui naviguaient sur les fleuves et rivières; les uns et les autres étaient régis par les deux ordonnances des 2 avril 1823 et 25 mai 1828.

Les mesures de sûreté applicables aux appareils à vapeur servant à la navigation sont en effet les mêmes sur les fleuves et sur mer; mais il n'en est pas ainsi de celles qui sont relatives à la construction, à l'armement et aux équipages des bateaux, aux heures de départ, au mode de surveillance, etc.

Il était donc nécessaire que la navigation à vapeur maritime et la navigation à vapeur sur les fleuves et rivières fussent l'objet de deux règlements d'administration publique distincts. L'ordonnance du 23 mai 1843 régit la navigation fluviale; celle du 17 janvier 1846 contient les prescriptions applicables à la navigation maritime.

Ces deux ordonnances ont toutefois beaucoup de dispositions qui leur sont communes. Pour celles-là je me réfère à la circulaire du 26 juillet 1843, et je me bornerai ici à signaler à votre attention les conditions qui se rapportent particulièrement à la navigation en mer.

Les permis de navigation maritime seront délivrés, comme les permis de navigation fluviale, après l'examen et sur le rapport des commissions de surveillance instituées dans les ports de mer où se trouvera le siége de l'entreprise. Il est indispensable que ces commissions possèdent des connaissances relatives à la bonne construction, à la stabilité et à l'armement des bâtiments qui naviguent en mer, aussi bien que sur les appareils à vapeur. L'article 47 désigne, en conséquence, comme devant en faire nécessairement partie, non-seulement les ingénieurs des mines et les ingénieurs des ponts-et-chaussées en résidence dans les ports, mais encore les officiers du génie maritime, le commissaire ou préposé à l'inscription

maritime, et le capitaine, lieutenant ou maître de port résidant sur les lieux.

Les commissions de surveillance aujourd'hui instituées dans les ports de mer de votre département devront être complétées par l'adjonction des personnes désignées ci-dessus, si déjà elles n'en font partie.

Dans les ports de mer où il n'en existe point encore et où il serait nécessaire d'en établir, il conviendra d'y appeler, à défaut des fonctionnaires qui viennent d'être indiqués, des personnes réunissant les connaissances nautiques nécessaires, comme des constructeurs de bâtiments du commerce, des officiers de marine en retraite, etc.

L'article 5 de l'ordonnance énonce les points principaux sur lesquels les commissions devront fixer leur attention, dans la visite qu'elles feront des bateaux, lors de la demande du permis de navigation. Elles auront à s'assurer d'abord de la solidité et de la stabilité du bâtiment : le défaut de solidité dans la construction ou de proportions convenables dans la forme de la coque des bâtiments à vapeur naviguant sur mer ont en effet donné lieu à autant de sinistres que les vices de construction ou la mauvaise conduite des appareils à vapeur. Les commissions pourront, dans l'examen du navire, se faire assister de constructeurs ou telles autres personnes qu'elles jugeraient utile de consulter. Elles pourront aussi demander l'exhibition des contrats faits par les armateurs avec les constructeurs du navire, contrats dans lesquels sont généralement stipulées les dimensions et la nature des matériaux en bois et fer employés à la construction de la coque. Elles ne perdront pas de vue que les incendies, qui sont une cause de danger excessivement grave dans la navigation maritime, ont assez souvent pris naissance dans les soutes à charbon. Elles devront, en conséquence, s'assurer si ces soutes sont disposées de manière à ce que l'inflammation des charbons ne puisse pas être provoquée par la chaleur des fourneaux, si elles peuvent être complétement nettoyées, et enfin si dans le cas où les charbons y prendraient feu spontanément, comme on en a eu des exemples, ou par une cause quelconque, il serait possible d'étouffer l'incendie et de l'empêcher de se propager. Les chaudières devront toujours être séparées des soutes à charbon ou des murailles du navire par un espace libre suffisant pour que ces chaudières puissent

être visitées extérieurement, et pour que la chaleur qui en émane ne puisse pas déterminer l'inflammation des charbons ou la carbonisation des bois du navire.

L'isolement où le local de l'appareil moteur doit être de la salle des passagers, comme le prescrit l'article 37 de l'ordonnance, est une chose très-essentielle; il serait même utile que les cloisons de séparation fussent imperméables à l'eau. La division d'un bâtiment à vapeur en plusieurs compartiments, cinq en général, par de fortes cloisons en tôle imperméables à l'eau, a été recommandée par des hommes très-compétents en cette matière, et appliquée avec avantage par de grandes compagnies anglaises propriétaires de paquebots à vapeur, notamment par la compagnie des paquebots de *la Cité de Dublin*, dont le siége est à Liverpool.

Cette division en compartiments est un moyen de sûreté en cas de collision contre un autre navire, de choc contre un écueil, ou de tout autre accident qui déterminerait une voie d'eau considérable. Elle donne le moyen de limiter, de combattre et d'étouffer des incendies qui viendraient à se déclarer.

On n'exige point que les permis de navigation pour les bâtiments qui naviguent sur mer soient renouvelés annuellement. Le renouvellement du permis à des époques fixes n'aurait pas, en effet, été toujours praticable pour des bâtiments qui peuvent faire de longues traversées. Mais des visites fréquentes, et renouvelées au moins tous les trois mois (*art.* 48), devront être faites dans les ports par les commissions de surveillance, qui constateront l'état de l'appareil moteur et celui du bateau.

Il sera aussi fort nécessaire qu'elles visitent les bâtiments qui auront exécuté des voyages de long cours, aussitôt après leur rentrée au port. Elles se feront représenter le journal de bord, où le capitaine aura consigné, conformément à l'article 42, toutes les circonstances relatives à la marche de l'appareil moteur qui seront dignes de remarque. Les procès-verbaux des visites des commissions de surveillance vous mettront à même d'ordonner les réparations nécessaires, de suspendre ou même de révoquer, conformément aux articles 51 et 52 de l'ordonnance, le permis de navigation, si la sûreté des passagers n'était pas suffisamment garantie.

C'est surtout après quelques années de service que des

inspections fréquentes et sévères du bâtiment et des chaudières deviennent nécessaires. Il faut principalement visiter les murailles du navire dans la partie voisine des chaudières. La chaleur continuelle à laquelle la doublure intérieure est exposée a pu altérer les bois au point de leur enlever leur solidité, surtout si l'on n'a pas pris toutes les précautions convenables pour les préserver. Les chaudières, après quatre ou cinq ans de service à la mer, sont très-usées, si elles n'ont pas été entretenues avec un soin minutieux; elles ont besoin de réparations fréquentes, ou même d'être entièrement renouvelées.

Le départ des bateaux qui naviguent sur mer a lieu généralement dans nos ports de l'Océan à marée haute. Les départs sont, d'ailleurs, souvent retardés par suite de l'état de l'atmosphère. L'autorité locale n'a donc point à fixer les heures de départ, mais, conformément à l'article 53, les mesures nécessaires pour éviter les accidents auxquels pourraient donner lieu le stationnement, le départ et l'arrivée des bateaux à vapeur, l'embarquement et le débarquement des passagers, seront prescrites par les préfets dans les ports de commerce, et par les préfets maritimes dans les ports militaires.

Des dispositions doivent être prises, dans les ports de commerce ou dans les ports militaires fréquentés, afin d'éviter les abordages, qui sont une cause si fréquente d'accidents graves : à cet effet, il est indispensable d'arrêter un système régulier de fanaux pour l'éclairage de nuit; il faut aussi exiger que les bâtiments à vapeur soient munis de ces fanaux et en fassent usage, quand ils naviguent de nuit dans des parages fréquentés, en dehors des ports. Les permis de navigation que vous délivrerez devront contenir, au besoin, des prescriptions de ce genre, qui seront nécessairement concertées avec le préfet maritime de la circonscription.

Les bateaux sont d'ailleurs soumis à l'inspection et à la surveillance de police journalière des autorités locales, aux points de départ et d'arrivée aussi bien que dans les lieux de relâche intermédiaires. En cas d'avaries qui seraient de nature à compromettre la sûreté de la navigation, ces autorités pourront, en vertu de l'article 55, suspendre la marche du bateau, sauf à en donner avis sur-le-champ au préfet du département. Si ce cas se présentait, vous réclameriez l'examen et l'avis de la com-

mission de surveillance du port le plus voisin du point où se trouverait alors le navire.

Il est pourvu, par les articles 56 et 57, à la surveillance des bateaux à vapeur dans les ports de nos colonies et dans les ports étrangers. Elle sera exercée, dans les premiers, par des commissions spéciales instituées par les gouverneurs des colonies, et, dans les seconds, par les consuls et agents consulaires français, qui se feront assister de tels hommes de l'art qu'ils jugeront à propos de désigner.

Les chaudières et cylindres des machines à vapeur placées à bord des bateaux qui naviguent sur mer sont soumis aux mêmes conditions et doivent être pourvus des mêmes appareils de sûreté que les chaudières et cylindres des bateaux qui naviguent sur les fleuves et rivières. J'ajouterai donc seulement à ce que renferme à ce sujet la circulaire du 26 juillet 1843 l'indication de quelques faits qui se sont produits depuis cette époque.

Le manomètre à air libre n'est prescrit que pour les chaudières dans lesquelles la pression effective de la vapeur ne dépasse pas deux atmosphères, c'est-à-dire qui sont timbrées pour une pression de trois atmosphères ou au-dessous.

On a construit, dans ces derniers temps, des manomètres à air libre repliés, à plusieurs colonnes de mercure séparées par des colonnes d'eau, et qui peuvent accuser des pressions de six à sept atmosphères, tout en conservant des dimensions qui permettent de les adapter à des chaudières de bateaux et même à des chaudières de machines locomotives.

Ces manomètres, construits en fer, sauf un tube en verre de 25 à 30 centimètres de longueur, qui contient l'extrémité de la dernière colonne de mercure pressée directement par l'atmosphère, paraissent peu susceptibles de se déranger; ils sont plus exacts et moins fragiles que les manomètres à air comprimé. On pourra donc en recommander l'emploi aux armateurs de bateaux. Je joins ici un exemplaire de la circulaire du 16 mars dernier, relative aux chaudières des machines locomotives, à la suite de laquelle se trouve la description de ces manomètres repliés.

L'usage des chaudières à tubes intérieurs pour la circulation de la flamme et de la fumée devient de jour en

jour plus fréquent, sur les bateaux à vapeur. Ces chaudières, ainsi que cela est rappelé dans la circulaire du 26 juillet 1843, doivent être soumises, comme les autres, à une pression d'épreuve triple de la pression effective de la vapeur dans leur intérieur; sauf les exceptions prévues en ce qui concerne les chaudières ayant des faces planes, et dans lesquelle cette pression effective ne dépasse pas 1/2 atmosphère. L'expérience a fait voir que des tubes intérieurs en cuivre rouge de 15 à 20 centimètres de diamètre et de 2 à 3 mètres de longueur, adaptés à des chaudières à haute pression, étaient aplatis par la pression d'épreuve indiquée ci-dessus, même lorsque leur épaisseur était supérieure à celle qui est fixée par l'article 20 pour les parois des chaudières ou bouilleurs cylindriques en tôle ou en cuivre laminé qui seraient remplis d'eau. Comme on ne peut admettre que la sûreté des voyageurs soit suffisamment garantie lorsque les chaudières ont des tubes d'un aussi grand diamètre et aussi peu résistants, l'administration a été dans la nécessité de prescrire le remplacement des tubes en cuivre rouge dont il s'agit par des tubes en tôle ou en fer étiré, qui résistent beaucoup mieux à une pression extérieure, et qui en outre coûtent moins cher que ceux en cuivre. Il serait avantageux, pour ajouter à l'étendue de la surface de chauffe et obtenir ainsi une transmission plus facile de la chaleur à l'eau, en même temps que pour accroître la résistance à l'écrasement, de diminuer le diamètre des tubes et d'en augmenter le nombre. Ainsi il serait convenable que les tubes en tôle ou en fer étiré n'eussent jamais plus de 10 centimètres de diamètre. Néanmoins l'ordonnance du 17 janvier, dans le but de laisser à l'industrie toute la liberté d'action compatible avec la sûreté publique, n'a fixé de règles positives ni sur les dimensions des tubes, ni sur la nature du métal; mais elle exige que les chaudières présentent les garanties de solidité nécessaires, et la résistance à l'épreuve sous une pression triple doit être placée en première ligne. Il était toutefois utile de signaler ici le défaut de résistance des tubes d'un grand diamètre en cuivre rouge et d'indiquer comment les constructeurs de chaudières tubulaires pourront parer à cette difficulté.

Je vous invite, monsieur le préfet, à m'adresser copie de chacun de vos arrêtés portant permis de navigation maritime. Au nombre des indications qu'il doit contenir,

aux termes de l'article 10 de l'ordonnance, se trouve celle du service auquel le bateau est destiné, ce qui comprend la mention des ports d'arrivée et de relâche intermédiaires. Il conviendra d'y indiquer aussi les dispositions particulières qui auront été adoptées pour approprier le bâtiment au service des passagers, dans le cas où il serait destiné à ce service; les précautions employées pour prévenir les incendies ou faciliter les moyens de les limiter et de les combattre; les mesures de sûreté spéciales qui auront pu être prises contre les voies d'eau qui résulteraient d'une collision, d'un choc contre un écueil, ou de toute autre cause; enfin la composition de la partie de l'équipage qui est chargée du service des appareils à vapeur.

L'article 39 dispose que le capitaine, indépendamment du brevet, soit de capitaine au long cours, soit de maître au cabotage, dont il devra être pourvu, en raison de la destination du bâtiment, devra justifier qu'il possède les connaissances nécessaires pour diriger la marche d'un bâtiment à vapeur et surveiller les opérations du mécanicien. Il est en effet indispensable que le capitaine, qui a sous ses ordres le mécanicien et les chauffeurs, comme tout le reste de l'équipage, ait la capacité nécessaire pour exercer une surveillance efficace sur les appareils moteur et propulseur, et pour donner pendant la traversée tous les ordres convenables, dans les diverses circonstances qui peuvent se présenter. Il doit donc être à même de vérifier, avant le départ, si la machine et les chaudières sont en ordre, si celles-ci sont munies de tous les appareils de sûreté prescrits, si le bâtiment est suffisamment approvisionné de combustible pour la traversée. Il doit savoir quels sont les soins à prendre et les manœuvres à ordonner au départ ainsi qu'à l'arrivée et pendant la marche, pour tirer le meilleur parti possible de la machine à vapeur, de l'appareil propulseur du navire, et de l'impulsion du vent au moyen de la voilure. Il doit surveiller la conduite des feux et de la machine, et par conséquent être à même de reconnaître si la machine est dérangée et si les extractions d'eau salée des chaudières sont pratiquées convenablement.

Quant au mécanicien, il faut qu'il ait déjà acquis, par un certain temps de service en qualité de chauffeur, d'aide ou d'apprenti mécanicien, l'expérience et l'habitude nécessaires pour la conduite prompte et sûre d'une machine à vapeur; qu'il connaisse toutes les parties qui entrent

dans la composition de cette machine et le rôle de chacune d'elles; qu'il ait surtout une connaissance exacte des diverses pièces de l'appareil alimentaire, de tous les appareils de sûreté, des soupapes ou tiroirs servant à la distribution de la vapeur, et des mécanismes qui leur impriment le mouvement; qu'il soit capable d'entretenir la machine en bon état, par exemple, de refaire ou de réparer un joint qui viendrait à perdre, de remettre en ordre une soupape ou un tiroir dérangés, de remplacer une pièce de rechange; enfin qu'il puisse démonter et remonter la machine pièce à pièce, sinon forger et ajuster lui-même les pièces qui la composent. Il faut aussi qu'il sache bien quelles sont les précautions particulières à prendre lorsque les chaudières sont alimentées avec l'eau de mer; il doit posséder à fond les détails de l'instruction pratique annexée à la présente ordonnance.

Les conditions de capacité à exiger du mécanicien devront naturellement être plus sévères lorsque le bâtiment à vapeur sera destiné à faire de longs voyages, tels que la traversée de l'Atlantique. Dans ce cas il importe que ce mécanicien soit un ouvrier ajusteur très-habile, capable de faire lui-même ou de faire faire, sous sa direction, à la machine et même aux chaudières, des réparations importantes; qu'il ait avec lui des aides; que des pièces de rechange et un assortiment d'outils d'ajustage fassent partie de l'armement du navire. Conformément à l'article 38, il doit y avoir à bord, indépendamment du capitaine, au moins un mécanicien et autant de chauffeurs que le service de l'appareil moteur l'exigera. Vous devrez donc, monsieur le Préfet, avant de délivrer le permis de navigation, demander qu'on vous fasse connaître la composition de la partie de l'équipage chargée du service de la machine et des chaudières. Pour les bâtiments destinés à de longues traversées, le permis de navigation fixera le nombre et la qualité des chauffeurs. Parmi ces derniers il est très-désirable qu'il se trouve un bon ouvrier chaudronnier, de manière à ce que tous les besoins du service soient assurés.

Les armateurs sont tenus de désigner au préfet les personnes qu'ils veulent employer comme capitaines ou mécaniciens. Le préfet chargera, soit la commission de surveillance, soit toutes autres personnes à ce compétentes, de les examiner conformément aux programmes qui précèdent, à moins que l'on ne produise des certificats aux-

quels il juge que toute confiance doive être donnée, et qui témoignent que les personnes qui les ont obtenus ont les connaissances nécessaires et satisfont aux conditions requises. Dans tous les cas, les candidats pour les emplois dont il s'agit ne pourront servir sur les bateaux à vapeur qu'autant que ces certificats, ou ceux qui leur auront été délivrés après l'examen spécial indiqué ci-dessus, seront revêtus du visa du préfet. Les capitaines ou les mécaniciens porteurs de ces certificats pourront servir sur un autre bâtiment que celui où ils auront été d'abord employés, à la charge, par les chefs de la nouvelle entreprise, d'en faire la déclaration au préfet, et, de la part du capitaine ou du mécanicien, de soumettre à son visa les certificats dont il vient d'être fait mention.

Le préfet ne donnera le visa mentionné ci-dessus qu'après avoir pris des informations précises sur les services antérieurs du porteur des certificats; il refuserait le visa dans le cas où le porteur se serait rendu coupable de fautes ou de négligences graves, ou bien aurait fait preuve d'incapacité, depuis la délivrance du certificat soumis au visa.

Les propriétaires de bateaux actuellement autorisés devront se pourvoir, dans un délai de trois mois, à dater de la promulgation de l'ordonnance, pour obtenir de nouveaux permis. Je vous invite, Monsieur *le Préfet*, à tenir la main à l'exécution de cette disposition.

Je joins à cette circulaire l'instruction pratique dont il est fait mention dans l'article 60; elle devra être, conformément au même article, affichée à demeure dans le local des machines et chaudières. Un exemplaire en placard de cette instruction est également ci-joint.

Chaque année, vous aurez à m'adresser un tableau statistique des bâtiments à vapeur naviguant sur mer, qui auront été permissionnés dans votre département. Je vous adresserai ultérieurement un modèle de ce tableau.

Je vous prie, Monsieur le Préfet, de m'accuser réception de la présente, dont je vous transmets des expéditions pour les membres des commissions de surveillance instituées dans les ports de mer de votre département.

Recevez, Monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le ministre secrétaire d'État des travaux publics,
Signé S. DUMON.

Instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des appareils à vapeur placés à bord des bateaux qui naviguent sur mer.

§ 1. — DE LA MISE EN FEU ET DU DÉPART.

Avant le départ, le capitaine, accompagné du chef mécanicien, a dû s'assurer que les chaudières, la machine à vapeur, l'appareil propulseur et tous les mécanismes intermédiaires sont parfaitement en ordre, et que le bâtiment est convenablement approvisionné de combustible.

Le capitaine ayant donné, par l'intermédiaire du chef mécanicien, l'ordre de chauffer, et les chaudières étant remplies d'eau jusqu'au niveau normal accusé par les indicateurs du niveau, le chauffeur allume les fourneaux en plaçant sur la grille une légère couche de charbon, sur laquelle il met du bois, qu'il recouvre d'une autre couche mince de charbon. Il allume ainsi à petit feu et modère d'abord le tirage, au moyen du registre de la cheminée, afin que les parois des foyers n'éprouvent pas des variations brusques de température, qui pourraient occasionner des fissures dans les tôles ou des fuites à l'endroit des rivets. Quand la première charge de combustible est bien embrasée, il charge de nouveau et pousse le feu avec une activité croissante. Quand la vapeur commence à monter en pression, ce qui est indiqué par le manomètre, le chauffeur soulève une des soupapes de sûreté ou bien ouvre un robinet particulier, pour donner issue à l'air contenu dans la chaudière ; il ferme cet orifice lorsque la vapeur, sortant abondamment, indique que les chaudières sont purgées d'air. Il conduit son feu de manière à ce que la pression de la vapeur soit près de sa limite supérieure à l'instant où commenceront les manœuvres du départ. Le mécanicien préside lui-même à ces manœuvres. Aussitôt qu'il a reçu l'ordre de s'y préparer, il envoie la vapeur à la machine, de manière a l'échauffer et à la purger d'air et d'eau. Il balance la machine, en lui faisant faire lentement quelques tours en avant et en arrière, et s'assure ainsi qu'il pourra la lancer à l'instant même du commandement.

Pendant toute la durée des manœuvres nécessaires au départ, le mécanicien gouverne lui-même la machine à

la main; ce n'est qu'au commandement de *machine en route*, qu'il embraye définitivement le levier de l'excentrique avec la poignée de la manivelle qui transmet le mouvement au tiroir de distribution. Il règle ensuite l'ouverture de la soupape à gorge ou registre d'admission de la vapeur, ainsi que celle de la soupape d'injection. Il veille à ce que les feux soient poussés avec l'activité convenable pour obtenir la production de vapeur qu'exige la machine.

§ 2. — DE LA CONDUITE DES APPAREILS ET DES DEVOIRS DU MÉCANICIEN PENDANT LA MARCHE.

Les chaudières des bateaux à vapeur qui sont alimentées avec l'eau de mer exigent des précautions particulières, indépendamment de celles qui sont communes à toutes les chaudières à vapeur.

Dans l'intérêt de l'économie de combustible, les feux doivent être conduits, autant que possible, de manière à ce que le manomètre accuse une pression voisine de celle qui correspond à la charge des soupapes de sûreté, et que la vapeur ne soulève jamais ces soupapes : cela exige que l'activité du feu soit réglée en raison de la vitesse des pistons des machines.

On doit veiller constamment à ce que les soupapes n'adhèrent pas à leurs siéges, que les tuyaux du manomètre, des robinets et des tubes en verre indicateurs du niveau de l'eau ne soient pas obstrués par des dépôts de sel, que les pompes alimentaires soient constamment en ordre, et que la chaudière soit alimentée d'eau de manière à ce que les parois correspondantes aux surfaces de chauffe demeurent toujours baignées d'eau. On doit s'assurer si la condensation se fait bien : il est bon qu'à cet effet un baromètre, accusant le degré du vide, soit adapté au condenseur; à défaut de cet appareil, on jugera de la chaleur du condenseur en appliquant la main sur les parois extérieures. La température de ces parois ne doit pas dépasser celle du lait tiède. Ce sont là des soins qu'exigent les machines et chaudières en général, mais surtout celles qui sont alimentées avec l'eau de mer. Une précaution particulière à celles-ci, et qui est indispensable pour prévenir les dépôts de sel marin dans leur intérieur ou dans les tuyaux embranchés, consiste dans les

extractions d'eau salée. L'eau salée pourrait être extraite d'une manière continue de certaines chaudières, où des dispositions seraient prises pour obtenir une circulation intérieure qui aurait pour effet d'amener l'eau, à mesure que sa densité augmenterait en même temps que son degré de salure, vers un ou plusieurs points, où elle serait évacuée par des conduits se réunissant en un seul, qui serait pourvu d'un robinet pour régler la quantité d'eau évacuée. Mais une extraction régulière et continue d'eau salée doit être combinée avec des dispositions propres à déterminer une circulation intérieure, et qui ne se trouvent pas en général dans les chaudières. Les extractions d'eau sont, en conséquence, intermittentes. Elles sont aujourd'hui opérées le plus souvent par des pompes particulières, mues par la machine même, et qui extraient à chaque coup de piston un volume d'eau qui est dans un rapport déterminé, 1 à 3 ou même 1 à 2, avec le volume introduit par la pompe alimentaire. Lorsque ces pompes n'existent pas, les extractions doivent être opérées à des intervalles réguliers par les chauffeurs; ils ouvrent à cet effet le robinet de vidange, et le maintiennent ouvert jusqu'à ce que le niveau de l'eau accusé par les indicateurs ait baissé d'une certaine quantité. Le robinet étant fermé, le niveau de l'eau est ramené à sa hauteur normale par l'alimentation. Il est convenable que les extractions soient peu abondantes, et fréquemment renouvelées, de demi-heure en demi-heure au moins.

Les extractions d'eau préviennent les dépôts de sel marin. Pour éviter que les sels calcaires qui se séparent de l'eau par l'évaporation forment des incrustations adhérentes aux parois, on injecte dans la chaudière, au moyen de la pompe alimentaire mue à bras ou d'une des pompes de la cale, des matières qui ont la propriété de maintenir ces dépôts à l'état de boue sans consistance. Plusieurs substances ont été essayées sur les bâtiments de la marine royale : l'argile bien épurée de matières étrangères paraît être celle qui a jusqu'ici donné les meilleurs résultats. Les matières tinctoriales mêlées à l'eau ont bien réussi dans des chaudières de machines fonctionnant à terre, et pourraient être essayées à la mer. Quelle que soit au reste la substance employée, le mécanicien devra veiller à ce que l'on remplace dans la chaudière les parties de cette substance qui sont entraînées par les extractions d'eau.

On aura soin de nettoyer les cendriers et d'en retirer les cendres et les escarbilles, assez souvent pour que l'accès de l'air demeure libre et que le tirage des foyers n'éprouve pas de ralentissement.

Le mécanicien, quand il ne conduit pas lui-même la machine, doit s'assurer, par des visites fréquentes, que toutes les précautions nécessaires sont observées. Il veille aussi à ce que les pièces de la machine soient convenablement lubrifiées, que les clavettes soient serrées, etc.; souvent le serrage des clavettes suffit pour empêcher des chocs qui nuisent autant à l'effet utile qu'à la conservation même de la machine.

Les soupapes ne doivent, dans aucun cas, être surchargées.

Si l'on venait à s'apercevoir que le niveau moyen de l'eau dans la chaudière s'est abaissé accidentellement au-dessous de la partie supérieure des conduits de la flamme et de la fumée, le mécanicien ouvrirait immédiatement les portes du foyer pour ralentir la combustion et faire tomber la flamme; il se garderait de soulever les soupapes de sûreté, préviendrait le capitaine, et laisserait les portes du foyer ouvertes, sans charger de combustible sur la grille, jusqu'à ce que l'alimentation eût ramené le niveau de l'eau, dans l'intérieur de la chaudière, à sa hauteur habituelle.

Le mécanicien inscrira sur un registre, qu'il remettra chaque jour au capitaine, toutes les circonstances relatives à la marche de l'appareil moteur, et notamment les dérangements qui auraient pu avoir lieu dans les diverses pièces des mécanismes, ou dans les chaudières, ainsi que les réparations qui auraient été faites à bord, ou qui devraient être faites à terre dans le premier lieu de relâche.

Le capitaine transcrira les indications données par le mécanicien sur le journal du bord, après les avoir vérifiées au besoin.

§ 3. — DE L'ARRIVÉE ET DES RELACHES.

Lorsque l'on est près d'arriver au mouillage, le mécanicien, sur l'ordre du capitaine, doit prendre lui-même la direction de la machine. Il laisse ralentir les feux de manière à ne conserver que la vapeur nécessaire pour l'arrivée.

La machine étant définitivement arrêtée, et l'ordre d'éteindre les feux donné par le capitaine, le mécanicien, avant de nettoyer les grilles, fait boucher soigneusement les trous de graissage des tiges des pistons et des tiroirs, ainsi que toutes les autres parties dans lesquelles les cendres qui sont soulevées lors de l'extinction des feux pourraient venir se loger. Puis il fait éteindre les feux, et opère, au moyen de la pression de la vapeur, une forte extraction de l'eau de la chaudière. Toutefois cette extraction ne doit pas être assez abondante pour mettre à nu les parois du foyer, parce qu'il pourrait en résulter, par suite de la variation brusque de la température, des dilatations inégales et capables soit de fissurer les tôles, soit d'occasionner la rupture de quelques armatures ou la disjonction des parties dont la chaudière se compose. Aussitôt que l'eau restant dans l'intérieur est suffisamment refroidie (et l'on peut hâter le refroidissement par une injection d'eau froide, après une extraction modérée ainsi qu'il est dit ci-dessus), on ouvre le trou d'homme, on vide complétement la chaudière et on procède au nettoyage des grilles, des conduits de fumée, ainsi que de l'intérieur de la chaudière. On nettoie aussi et l'on fourbit les pièces de la machine, pendant qu'elles sont encore chaudes; on visite toutes les pièces mobiles, on resserre ou refait les garnitures; enfin on remet en ordre, on remplace, on répare au besoin toutes les parties de la machine dérangées ou détériorées.

Le mécanicien préside à tout le travail, et le capitaine s'assure qu'il est fait avec soin.

Les mêmes précautions seront observées aux lieux de relâche, que le bâtiment ne doit pas quitter sans qu'il ait été reconnu par le capitaine que les chaudières et toutes les parties de l'appareil moteur sont en ordre.

Si les machines doivent être arrêtées pendant la traversée pour nettoyer les chaudières, ou pour toute autre cause, on procédera à l'extinction des feux en prenant les précautions indiquées ci-dessus pour l'arrivée au mouillage.

Paris, le 5 juin 1846.

Le ministre secrétaire d'État des travaux publics,

Signé S. DUMON.

PERSONNEL.

Par ordonnance du roi, *du* 21 *avril* 1846, — M. Guenyveau, inspecteur général adjoint du corps royal des mines, est admis, sur sa demande, à faire valoir ses droits à la retraite.

Par ordonnance du 21 *avril* 1846, — M. Dufrénoy, ingénieur en chef des mines de 1re classe, est nommé inspecteur général adjoint, en remplacement de M. Guenyveau; — il est maintenu provisoirement dans ses fonctions actuelles à l'École des mines, tant comme professeur que comme inspecteur des études et conservateur des collections.

Par arrêté de M. le ministre des travaux publics, *du* 13 *janvier* 1846, — M. Boulanger, ingénieur des mines actuellement chargé du sous-arrondissement minéralogique de Moulins, est attaché, sous les ordres de M. Bineau, ingénieur en chef, au service central de la partie métallurgique et de l'exploitation des chemins de fer, en remplacement de M. Le Châtelier, auquel un congé illimité est accordé.

Par arrêté du ministre, *du* 29 *janvier* 1846, — M. Bertera, aspirant-ingénieur, attaché provisoirement au service du département du Loiret, est chargé du sous-arrondissement minéralogique de Moulins, en remplacement de M. Boulanger.

Par arrêté du ministre, *du* 29 *janvier* 1846, — M. de Chancourtois, aspirant-ingénieur, chargé par intérim du sous-arrondissement de Mézières, est appelé à remplacer M. Bertera dans le service du département du Loiret.

Par arrêté du ministre, *du* 20 *février* 1846, — M. Gras, ingénieur en chef des mines, est chargé comme chef de service, sous la direction de M. l'ingénieur en chef directeur Gueymard, et tout en conservant le service ordinaire du sous-arrondissement de Grenoble, de l'étude générale

et particulière des torrents des Alpes au double point de vue géologique et minéralogique (1).

Par arrêté du ministre, *du* 23 *mars* 1846, — M. Descottes, ingénieur ordinaire du sous-arrondissement minéralogique de Tours, est chargé de la surveillance du matériel métallurgique du chemin de fer d'Orléans à Tours.

Par arrêté du ministre, *du* 20 *avril* 1846, — M. Ville, aspirant-ingénieur des mines à Carcassonne (Aude), est mis à la disposition du ministère de la guerre pour le service de l'Algérie.

Par arrêté du ministre, *du* 20 *avril* 1846, — M. Phillips, élève-ingénieur des mines, est chargé du service du sous-arrondissement de Carcassonne, en remplacement de M. Ville.

Par arrêté du ministre, *du* 31 *mai* 1846, — M. Jacquot, ingénieur des mines à Rive-de-Gier, est chargé du service du sous-arrondissement de Metz, en remplacement de M. Piot, auquel un congé illimité est accordé.

Par arrêté du ministre, *du* 31 *mai* 1846, — M. Houpeurt, élève-ingénieur des mines hors de concours, est chargé du service du sous-arrondissement de Rive-de-Gier, en remplacement de M. Jacquot.

Par arrêté du ministre, *du* 9 *juin* 1846, — M. Callon, ingénieur des mines, directeur de l'Ecole des maîtres-ouvriers mineurs d'Alais, est autorisé à se charger, concurremment avec ses fonctions, de la direction des travaux des mines de la Grand' Combes; — un second garde-mines est attaché à ladite Ecole d'Alais; cet agent est en outre mis à la disposition de MM. les ingénieurs des mines du département du Gard, pour les seconder dans les travaux du laboratoire.

---

(1) Ces études doivent s'étendre aux quatre départements de l'Isère, des Hautes-Alpes, de la Drôme et des Basses-Alpes. Elles auront pour objet de déterminer la nature et la formation des divers torrents, l'appréciation de leur mode d'action dans les inondations et le degré de cette action; enfin les déductions pratiques que la solution de ces questions mettra à même d'en tirer en vue des moyens de défense à employer contre ces agents dévastateurs.

Par arrêté du ministre, *du* 13 *juin* 1846, — M. Bossey, élève-ingénieur des mines hors de concours, est nommé aspirant-ingénieur.

Par arrêté du ministre, *du* 13 *juin* 1846, — M. Reuss, aspirant-ingénieur, professeur d'exploitation à l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne, est chargé du service du sous-arrondissement de Mézières, en remplacement de M. l'ingénieur Sauvage, auquel un congé illimité est accordé.

Par arrêté du ministre, *du* 13 *juin* 1846, — M. Phillips, élève-ingénieur hors de concours, est nommé professeur d'exploitation à l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne, en remplacement de M. Reuss, aspirant-ingénieur, appelé à une autre destination; — la décision qui chargeait M. Phillips du service du sous-arrondissement de Carcassonne est rapportée.

Par arrêté du ministre, *du* 13 *juin* 1846, — M. Gauldrée-Boilleau, élève-ingénieur de 1re classe, est chargé provisoirement du service du sous-arrondissement minéralogique de Clermont, en remplacement de M. l'ingénieur Chatelus, autorisé à prendre un congé temporaire.

Par arrêté du ministre, *du* 13 *juin* 1846, — M. Trautmann, élève-ingénieur de 1re classe, est chargé provisoirement du service du sous-arrondissement minéralogique de Carcassonne, en remplacement de M. Phillips, appelé à une autre destination.

Par décision de M. le sous-secrétaire d'État des travaux publics, *du* 9 *janvier* 1846, — MM. Gauldrée-Boilleau, Trautmann et Bochet, élèves-ingénieurs des mines de 2e classe, sont élevés à la 1re classe de leur grade.

Par décision du sous-secrétaire d'État, *du* 15 *mai* 1846, — Le sieur Decaux est maintenu définitivement dans l'emploi de sous-maître à l'Ecole des maîtres-ouvriers mineurs d'Alais.

ÉTAT GÉNÉRAL

DU

PERSONNEL DES MINES,

AU 1er JUILLET 1846.

M. S. DUMON (G O ✱), *MINISTRE SECRÉTAIRE D'ÉTAT.*

M. LE GRAND (G O ✱), *SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT.*

CABINET PARTICULIER DU MINISTRE.

M. GIROD (de l'Ain) (Édouard) ✱, **Chef du cabinet, Auditeur de 1re classe au Conseil d'État.**

Ouverture des dépêches.— Correspondance particulière. — Demandes d'audiences. — Affaires réservées.

M. LARTIGUE, Sous-Chef de bureau.

CABINET PARTICULIER DU SOUS-SECRÉTAIRE D'ÉTAT.

M. NANTA, Chef de bureau.

DIVISION DES MINES.

M. DE CHEPPE (O ✱), Maître des requêtes, Chef de division.

1er BUREAU.

Recherche et concession des mines.— Études de terrains, topographies souterraines. — Surveillance des mines, minières, tourbières, carrières.—Sociétés anonymes et autres. — Secours, encouragements. — Machines et bateaux à vapeur.

M. JABINEAU ✱, Chef de bureau.

NOTA. Le Ministre reçoit les lundis, mercredis et vendredis, de dix à onze heures et demie du matin, et donne des audiences particulières lorsqu'on en forme la demande par écrit, en indiquant l'objet dont on désire l'entretenir.

Le Sous-Secrétaire d'État donne des audiences particulières sur demandes spéciales, et reçoit les mardis, jeudis et samedis, de onze heures à midi.

2° BUREAU.

Usines métallurgiques. — Réunion des documents statistiques sur les mines et usines. — Comptes rendus. — Annales des mines. — Cartes géologiques. — Collections. — Laboratoires de chimie. — Redevances des mines. — Questions de douanes, d'octrois. — Questions techniques, etc.

M. SALOMON ✻, Chef de bureau.

DIVISION DE LA COMPTABILITÉ.

M. GAUTHIER-DAGOTY ✻, Chef de division.

M. MARIN ✻, Chef de bureau.

CONSEIL GÉNÉRAL DES MINES.

Le Conseil est présidé par le Ministre, et, en son absence, par le Sous-Secrétaire d'État. MM. les Inspecteurs généraux, présents au Conseil, y prennent rang entre eux dans l'ordre d'ancienneté de nomination.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

MM.

CORDIER (C ✻), Pair de France, Conseiller d'État, Membre de l'Académie des Sciences, chargé de présider le Conseil en l'absence du Ministre et du Sous-Secrétaire d'État, rue Cuvier, n° 25.

DE BONNARD (C ✻), Membre de l'Académie des Sciences, rue Neuve-des Mathurins, n° 6.

MIGNERON (O ✻), rue de Grenelle-Saint-Germain, n° 117.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

MM.

HÉRICART DE THURY (O ✻), Conseiller d'État, Membre de l'Académie des Sciences, quai d'Orsay, n° 3.

BERTHIER (O ✻), Membre de l'Académie des Sciences, rue Crébillon, n° 2.

GARNIER (O ✻), rue des Saints-Pères, n° 75.

INSPECTEURS GÉNÉRAUX ADJOINTS.

MM.

CHÉRON (O ✻), rue Saint-Georges, n° 23.

DUFRÉNOY (O ✻), membre de l'Académie des Sciences, rue d'Enfer, n° 34.

INGÉNIEUR EN CHEF, SECRÉTAIRE DU CONSEIL.

M. THIRRIA (O ✻), rue de Vaugirard, n° 28.

COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR.

M.

ORDIER (C ✻), Inspecteur général des Mines, Membre de l'Académie des Sciences, *Président*.

E BONNARD (C ✻), Inspecteur général des Mines, Membre de l'Académie des Sciences.

ERMAINGANT (C ✻), Inspecteur général des Ponts-et-Chaussées.

ARNIER (O ✻), Inspecteur général des Mines.

AMÉ ✻, Ingénieur en chef des Mines, Membre de l'Académie des Sciences.

IARY (O ✻), Ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées.

INEAU ✻, Ingénieur en chef des Mines.

ÉLANGER ✻, Ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées.

EGNAULT ✻, Ingénieur ordinaire des Mines.

OMBES ✻, Ing. en chef des Mines, *Secrétaire*, rue de l'Ouest, 24.

COMMISSION DES ANNALES DES MINES.

MM.

CORDIER (C ✻), Inspecteur général des Mines, *Président*.

DE BONNARD (C ✻), Inspecteur général des Mines.

MIGNERON (O ✻), *idem*.

HÉRICART DE THURY (O ✻), *idem*.

BERTHIER (O ✻), *idem*.

GARNIER (O ✻), *idem*.

CHÉRON (O ✻), Inspecteur général adjoint des Mines.

DUFRÉNOY (O ✻), *idem*, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'École des Mines.

ÉLIE DE BEAUMONT (O ✻), Ingénieur en chef des Mines, Membre de l'Académie des Sciences, Professeur à l'École des Mines.

COMBES ✻, Ing. en chef des Mines, Professeur à l'École des Mines.

THIRRIA (O ✻), *idem*, Secrétaire du Conseil général des Mines.

LE PLAY ✻, *idem*, Professeur à l'École des Mines.

DE CHEPPE (O ✻), Maître des requêtes, Chef de la division des Mines.

EBELMEN ✻, Ing. ordinaire des Mines, Professeur à l'École des Mines.

DE BOUREUILLE ✻, Ingénieur en chef des Mines, Chef de la division des Chemins de fer, *Secrétaire*, rue de l'Odéon, 28.

DEBETTE, Aspirant-Ingénieur, *Secrétaire adjoint*, rue St-Dominique, 71.

COMMISSION DE STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE.

MM.

MIGNERON (O ✻), Inspecteur général des Mines, *Président*.

GARNIER (O ✻), Inspecteur général des Mines.

THIRRIA (O ✻), Ing. en chef, Secrétaire du Conseil général des Mines.

CHEVALIER (Michel) (O ✻), Conseiller d'État, Ing. en chef des Mines.

DE CHEPPE (O ✻), Maître des requêtes, Chef de la division des Mines.

LE PLAY ✻, Ing. en ch. des Mines, *Secrétaire*, rue Belle-Chasse, 10.

INSPECTIONS GÉNÉRALES

DU SERVICE DES MINES.

Désignation des inspections.	Départements qui composent chaque inspection.	Inspecteurs générau[x]
		MM.
Nord.	Seine, Seine-et-Oise, Loiret, Seine-et-Marne, Nord, Pas-de-Calais, Somme, Aisne, Oise.	Héricart de Thury (O ⁂
Nord-Est. .	Ardennes, Meuse, Marne, Aube, Yonne, Meurthe, Moselle, Bas-Rhin, Vosges, Haut-Rhin. . .	Garnier (O ⁂).
Est.	Haute-Saône, Haute-Marne, Côte-d'Or, Saône-et-Loire, Ain, Doubs, Jura.	Dufrénoy (O ⁂).
Centre. . . .	Loire, Rhône, Cantal, Puy-de-Dôme, Haute-Loire, Cher, Allier, Nièvre.	Migneron (O ⁂).
Sud-Est. . .	Bouches-du-Rhône, Vaucluse, Var, Basses-Alpes, Corse, Isère, Hautes-Alpes, Drôme, Ardèche, Lozère, Gard, Hérault, Aude, Pyrénées-Orientales.	De Bonnard (C ⁂).
Sud-Ouest. .	Lot-et-Garonne, Dordogne, Corrèze, Lot, Aveyron, Tarn-et-Garonne, Tarn, Haute-Garonne, Ariége, Gironde, Landes, Basses-Pyrénées, Gers, Hautes-Pyrénées.	Cordier (C ⁂).
Ouest.	Vienne, Creuse, Haute-Vienne, Charente, Charente-Inférieure, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Indre, Loire-Inférieure, Vendée, Deux-Sèvres, Maine-et-Loire.	Berthier (O ⁂).
Nord-Ouest.	Seine-Inférieure, Eure, Eure-et-Loir, Manche, Calvados, Orne, Sarthe, Mayenne, Ille-et-Vilaine, Côtes-du-Nord, Morbihan, Finistère.	Chéron (O ⁂).

TABLEAU DU SERVICE DES MINES

PAR DIVISIONS, ARRONDISSEMENTS ET SOUS-ARRONDISSEMENTS MINÉRALOGIQUES.

SERVICE ORDINAIRE.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
	DIVISION DU NORD.		
	M. Héricart de Thury (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.		
	Arrondissement de Paris.		
Juncker (O ✻), 1re cl.	De Fourcy, 1re cl. Sentis, 2e cl.	Paris.	Seine.
	Arrondissement de Versailles.		
Lorieux ✻, 2e cl.	Couche, 2e cl.	Versailles.	Seine-et-Oise.
	De Chancourtois, aspir.	Orléans.	Loiret.
	Gentil, aspir.	Paris.	Seine-et-Marne.
	Arrondissement de Douai.		
Blavier ✻, 2e cl.	Meugy, 2e cl.	Lille.	Nord. — Moins les app. à vapr du territ. d'Avesnes.
	Comte, 2e cl.	Valenciennes.	Nord. — Y comp. le bassin houiller de Valenciennes.
	Service fait par l'ing. en chef.	Douai.	Nord. — Y compris le serv. des mach. à vapr du territoire d'Avesnes.
	Dusouich, 2e cl.	Arras.	Pas-de-Calais.

INSPECTIONS GÉNÉRALES

DU SERVICE DES MINES.

...nts ...ant ...ation.	Inspecteurs généraux
	MM.
...ise, Loiret, Nord, Pas-... ...ne, Oise.	HÉRICART DE THURY (O ✻).
...rne, Aube, Moselle, Bas-... ...ut-Rhin. . .	GARNIER (O ✻).
...Marne, Côte-... ...Loire, Ain, ...	DUFRÉNOY (O ✻).
...ntal, Puy-de-... ...ire, Cher, Al-...	MIGNERON (O ✻).
...e, Vaucluse, ..., Corse, Isère, ...ôme, Ardèche, Hérault, Aude, ...les.	DE BONNARD (C ✻).
Dordogne, Cor-... ...yron, Tarn-et-... Haute-Garonne, ...de, Landes, Bas-... , Gers, Hautes-...	CORDIER (C ✻).
..., Haute-Vienne, ...ente-Inférieure, ..., Loir-et-Cher, ...férieure, Vendée, Maine-et-Loire.	BERTHIER (O ✻).
... Eure, Eure-et-..., Calvados, Orne, ...ne, Ille-et-Vilai-... ...ord, Morbihan, ...	CHÉRON (O ✻).

...nieurs ...aires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
...ION DU NORD (suite).		
...dissement d'Amiens.		
...fait par ...n chef.	Amiens.	Somme.
...e cl. . .	Beauvais.. . . .	Aisne. Oise.
...SION DU NORD-EST.		
... Inspecteur général de 2e classe.		
...issement de Troyes.		
...r. . . .	Mézières.	Ardennes. Meuse.
...ait par ...chef..	Troyes.	Marne. Aube. Yonne.
...issement de Nancy.		
...cl. . .	Metz.	Meurthe. Moselle.
...ement de Strasbourg.		
...cl. . .	Strasbourg. . . .	Bas-Rhin.
. . . .	Colmar.	Vosges. Haut-Rhin.
...ION DE L'EST.		
...), Inspecteur général adjoint.		
...ement de Vesoul.		
...l. .	Vesoul.	Haute-Saône.
	Chaumont. . . .	Haute-Marne.
	...jon.	Côte-d'Or.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
DIVISION DE L'EST (suite).			
Arrondissement de Mâcon.			
DROUOT ✻, 2e cl., à Châlon.	*Service fait par l'ing. en chef.*	Châlon.	Saône-et-Loire. Ain.
	Boyé, 2e cl. . . .	Besançon. . . .	Doubs. Jura.
DIVISION DU CENTRE.			
M. MIGNERON (O ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Saint-Étienne.			
DELSÉRIES ✻, 1re cl.	Mœvus, 2e cl. . .	Saint-Étienne. .	Loire.—Moins le territ. houiller de Rive-de-Gier.
	Houpeurt, élève hors de conc. .	Rive-de-Gier. . .	Loire.—Territ. houiller de Rive-de-Gier et concession de St-Chamond.
	Pigeon, 2e cl. . .	Lyon.	Rhône.
Arrondissement de Clermont.			
BURDIN ✻, 1re cl. . .	Gauldrée-Boilleau, élève 1re cl. . .	Clermont. . . .	Cantal. Puy-de-Dôme. Haute-Loire.
	Bertera, aspir. . .	Moulins.	Cher. Allier. Nièvre.
DIVISION DU SUD-EST.			
M. DE BONNARD (C ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Grenoble.			
GUEYMARD (O ✻), 1re cl., directeur. . GRAS ✻, 2e cl. . . .	Diday, 2e cl. . . .	Marseille. . . .	Bouches-du-Rhône. Vaucluse.
	Meissonnier, 2e cl.	Draguignan. . .	Var. Basses-Alpes. Corse.
	Service fait par M. Gras.	Grenoble. . . .	Isère. Hautes-Alpes. Drôme.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
DIVISION DU NORD (suite).			
Arrondissement d'Amiens.			
LEFEBVRE ✻, 1re cl.	*Service fait par l'ing. en chef.*	Amiens.	Somme.
	Piérard, 2e cl. . .	Beauvais.. . . .	Aisne. Oise.
DIVISION DU NORD-EST.			
M. GARNIER (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.			
Arrondissement de Troyes.			
REVERCHON, 2e cl. .	Reuss, aspir. . . .	Mézières.	Ardennes. Meuse.
	Service fait par l'ing. en chef..	Troyes.	Marne. Aube. Yonne.
Arrondissement de Nancy.			
LEVALLOIS ✻, 1re cl.	Jacquot, 2e cl. . .	Metz.	Meurthe. Moselle.
Arrondissement de Strasbourg.			
DE BILLY ✻, 2e cl.	Daubrée, 2e cl. . .	Strasbourg. . .	Bas-Rhin.
	Furiet, 2e cl. . . .	Colmar.	Vosges. Haut-Rhin.
DIVISION DE L'EST.			
M. DUFRÉNOY (O ✻), Inspecteur général adjoint.			
Arrondissement de Vesoul.			
GUILLOT-DUHAMEL, 2e cl.	Delesse, 2e cl. . .	Vesoul.	Haute-Saône.
	Service fait par l'ing. en chef.	Chaumont. . . .	Haute-Marne.
	Guillebot de Nerville, 2e cl. . . .	Dijon.	Côte-d'Or.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
DIVISION DE L'EST (suite).			
Arrondissement de Mâcon.			
Drouot ✻, 2e cl., à Châlon	*Service fait par l'ing. en chef.*	Châlon	Saône-et-Loire. Ain.
	Boyé, 2e cl.	Besançon	Doubs. Jura.
DIVISION DU CENTRE.			
M. Migneron (O ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Saint-Étienne.			
Delsériès ✻, 1re cl.	Mœvus, 2e cl.	Saint-Étienne	Loire. — Moins le territ. houiller de Rive-de-Gier.
	Houpeurt, élève hors de conc.	Rive-de-Gier	Loire. — Territ. houiller de Rive-de-Gier et concession de St-Chamond.
	Pigeon, 2e cl.	Lyon	Rhône.
Arrondissement de Clermont.			
Burdin ✻, 1re cl.	Gauldrée-Boilleau, élève 1re cl.	Clermont	Cantal. Puy-de-Dôme. Haute-Loire.
	Bertera, aspir.	Moulins	Cher. Allier. Nièvre.
DIVISION DU SUD-EST.			
M. de Bonnard (C ✻), Inspecteur général de 1re classe.			
Arrondissement de Grenoble.			
Guymard (O ✻), 1re cl., directeur.	Diday, 2e cl.	Marseille	Bouches-du-Rhône. Vaucluse.
Gras ✻, 2e cl.	Meissonnier, 2e cl.	Draguignan	Var. Basses-Alpes. Corse.
	Service fait par M. Gras	Grenoble	Isère. Hautes-Alpes. Drôme.

DIVISION DU SUD-EST (*suite*).

Arrondissement d'Alais.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
Thibaud ❋, 1re cl.	Lefrançois, 2e cl.	Alais.	Ardèche. Lozère. Gard. { Arr. de la s.-préf. d'Alais.
	Dupont, 2e cl. . .	Montpellier. . .	Gard. { Arr. des s.-préf. de Nîmes, Uzès et du Vigan. Hérault.
	Trautmann, élève 1re cl.	Carcassonne. . .	Aude. Pyrénées-Orientales.

DIVISION DU SUD-OUEST.

M. Cordier (C ❋), Inspecteur général de 1re classe.

Arrondissement de Périgueux.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
Marrot ❋, 2e cl. .	Boudousquié ❋, 1re cl.	Périgueux. . . .	Lot-et-Garonne. Dordogne. Corrèze.
	Senez ❋, 1re cl. .	Villefranche. . .	Lot. Aveyron.

Arrondissement de Toulouse.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
Vène ❋, 2e cl. . . .	De Boucheporn ❋, 2e cl.	Toulouse. . . .	Tarn-et-Garonne. Tarn. Haute-Garonne.
	Renouf, aspir. . .	Vic-Dessos. . .	Ariége.

Arrondissement de Bordeaux.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.
Manès ❋, 2e cl. .	*Service fait par l'ing. en chef.*	Bordeaux. . . .	Gironde.
	Bossey, aspir. . .	Pau.	Basses-Pyrénées. Landes. Gers. Hautes-Pyrénées.

Ingénieurs en chef.	Ingénieurs ordinaires.	Résidences.	Départements composant les arrondissements et les sous-arrondissements.

DIVISION DE L'OUEST.

M. Berthier (O ✻), Inspecteur général de 2e classe.

Arrondissement de Guéret.

Furgaud ✻, 1re cl.	*Service fait par l'ing. en chef.*	Guéret.	Vienne. Creuse. Haute-Vienne. Charente. Charente-Inférieure.
	Descottes, 2e cl.	Tours.	Indre-et-Loire. Loir-et-Cher. Indre.

Arrondissement de Nantes.

udin, ing. ord. 1re cl., f. f. d'ing. en chef.	. . . .	Nantes.	Loire-Inférieure. Vendée. Deux-Sèvres.
	Cacarrié, 2e cl. .	Angers.	Maine-et-Loire.

DIVISION DU NORD-OUEST.

M. Chéron (O ✻), Inspecteur général adjoint.

Arrondissement de Rouen.

le St-Léger ✻, 2e cl.	*Service fait par l'ing. en chef.*	Rouen.	Seine-Inférieure. Eure. Eure-et-Loir.
	Harlé, 1re cl. . . .	Caen.	Manche. Calvados. Orne.

Arrondissement de Laval.

. . . .	De Hennezel, 1re cl.	Le Mans. . . .	Sarthe. Mayenne.
	Durocher, 2e cl. .	Rennes.	Ille-et-Vilaine. Côtes-du-Nord. Morbihan. Finistère.

SERVICES SPÉCIAUX.

SERVICE CENTRAL DE LA PARTIE MÉTALLURGIQUE ET DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER.

MM. BINEAU ⁂, Ingénieur en chef 2ᵉ cl. } à Paris.
Boulanger, Ingénieur ordinaire 1ʳᵉ cl. }

SERVICE MÉTALLURGIQUE DU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS A TOURS.

M. Descottes, Ingénieur ordinaire 2ᵉ cl., à Tours.

SERVICE MÉTALLURGIQUE DU CHEMIN DE FER DE MONTPELLIER A NÎMES (Hérault et Gard).

M. Dupont, Ingénieur ord. 2ᵉ cl., à Montpellier.

CARRIÈRES DE PARIS ET DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE.

MM. JUNCKER (O ⁂), Ingénieur en chef 1ʳᵉ cl. (*Inspecteur général*).
De Fourcy, Ingénieur ord. 1ʳᵉ cl. (*Inspect. particulier*).
Sentis, Ingénieur ord. 2ᵉ cl. (*idem*).

SURVEILLANCE DES MACHINES A VAPEUR DANS LE DÉPARTEMENT DE LA SEINE.

MM. COMBES ⁂, Ingénieur en chef 1ʳᵉ cl. } à Paris.
De Sénarmont ⁂, Ingénieur ordinaire 1ʳᵉ cl. }

SERVICES EXTRAORDINAIRES.

TRAVAUX DE CONSOLIDATION DES CARRIÈRES SOUS LA VILLE DE FÉCAMP (Seine-Inférieure).

M. DE SAINT-LÉGER ⁂, Ingénieur en chef 2ᵉ cl., à Rouen.

TOPOGRAPHIE DU BASSIN HOUILLER DE VALENCIENNES (Nord).

MM. BLAVIER ⁂, Ingénieur en chef 2ᵉ cl., à Douai.
Comte, Ingénieur ordinaire 2ᵉ cl., à Valenciennes.

TOPOGRAPHIE DU BASSIN HOUILLER D'AUBIN (Aveyron).

M. Senez ⁂, Ingénieur ordinaire 1ʳᵉ cl., à Villefranche.

ÉTUDE DES TERRAINS COMPOSANT LE BASSIN HOUILLER D'AUTUN (Saône-et-Loire).

M. DROUOT ⁂, Ingénieur en chef 2ᵉ cl., à Châlon.

ÉTUDE DES TERRAINS HOUILLERS DES ENVIRONS D'AHUN ET DE BOURGANEUF (Creuse).

M. FURGAUD ✠, Ingénieur en chef 1re classe, à Guéret.

ÉTUDES GÉOLOGIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES SUR LES TORRENTS DES ALPES.

MM. GUEYMARD (O ✠), Ingénieur en chef, Directeur. } à Grenoble.
GRAS ✠, Ingénieur en chef 2e classe. . . . . }

APPAREILS A VAPEUR.

M. MOISSON-DESROCHES, Ingénieur en chef 1re cl., chargé de coordonner, pour les publications annuelles, les documents statistiques transmis à l'Administration relativement aux appareils à vapeur.

INGÉNIEURS ATTACHÉS A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

MM. LAMÉ ✠, Ing. en chef 1re cl. (Professeur).
Regnault ✠, Ing. ord. 1re cl. (Professeur).

MM. Transon, Ing. ordin. 2e cl. (Répétiteur).
Delaunay, Ingén. ordin. 2e cl. (Répétiteur.)

INGÉNIEURS ATTACHÉS AU SERVICE DES MINES EN ALGÉRIE, SOUS LES ORDRES DU MINISTRE DE LA GUERRE.

MM. FOURNEL (O ✠), Ingénieur en chef 2e cl. . . . . }
Ville, Aspirant-Ingénieur. . . . . } à Alger.
Dubocq, idem . . . . }

INGÉNIEUR ATTACHÉ AU DÉPARTEMENT DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE (Eaux thermales).

M. François ✠, Ingénieur ordinaire 1re cl., à Carcassonne.

MANUFACTURE ROYALE DES PORCELAINES DE SÈVRES.

MM. BRONGNIART (O ✠), Ingénieur en chef 1re cl., à Sèvres.
Ebelmen ✠, Ingénieur ordinaire 2e cl.

INGÉNIEURS ATTACHÉS A DES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER.

MM. CLAPEYRON ✠, Ing. en chef 2e cl.	LIGNE DE PARIS EN BELGIQUE. CHEMIN DE PARIS A SAINT-GERMAIN.
Le Châtelier, Ing. ordin. 2e cl.	LIGNE DE PARIS EN BELGIQUE.
Sauvage ✠, Ing. ordin. 2e cl.	LIGNE DE PARIS A STRASBOURG. (*Embranchement de Frouard à Sarrebruck.*)
Audibert, Ing. ordin. 2e cl.	CHEMIN DE LYON A AVIGNON.

ÉTABLISSEMENT DE DECAZEVILLE (AVEYRON).

M. Declerck, Ingénieur ordinaire 2e cl., à Decazeville.

CARTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRALE DE LA FRANCE.

M. DUFRÉNOY (O ✱), Inspect. gén. adjoint, chargé de la partie occidentale.
M. ÉLIE DE BEAUMONT (O ✱), Ingénieur en chef, chargé de la partie orientale.

CARTES GÉOLOGIQUES DÉPARTEMENTALES.

Départements.	Ingénieurs. MM.	Départements.	Ingénieurs. MM.
Ardèche.	VARIN.	Lot.	Senez ✱.
Ariége.	François ✱. Renouf.	Marne.	Sauvage ✱.
		Marne (Haute-).	Guillot-Duhamel.
Aude.	VÈNE.	Meurthe.	LEVALLOIS ✱.
Aveyron.	Senez ✱.	Morbihan. . . .	Lefébure de Fourcy.
Charente. . . .	MARROT ✱.	Moselle.	Reverchon.
Cher.	Boulanger. Bertera.	Pas-de-Calais. .	Dusouich.
		Puy-de-Dôme. .	Baudin.
Corrèze.	De Boucheporn ✱.	Pyrénées (B^{sses}-).	Bossey.
Dordogne. . . .	MARROT ✱.	Pyrénées (H^{tes}-).	VÈNE ✱.
Doubs.	Boyé.	Rhin (Bas-). . .	Daubrée.
Gironde.	Pigeon.	Rhône.	Pigeon.
Ille-et-Vilaine. .	Durocher.	Saône-et-Loire.	MANÈS ✱.
Indre.	Sagey.	Sèvres (Deux-).	Cacarrié.
Jura.	Delesse.	Tarn.	De Boucheporn ✱.
Loire.	Gruner.	Var.	De Villeneuve ✱.
Loire-Infér. . .	Durocher.	Vosges.	DE BILLY ✱.
Loiret.	Lefébure de Fourcy.		

INGÉNIEURS EN SERVICE EXTRAORDINAIRE HORS DE FRANCE.

MM.
Lambert (C.-J.) ✱, Ing. ord. 1re cl. (Égypte).
De Marignac, Élève (Suisse).

M.
Hulot d'Osery, Aspirant (Amérique du Sud).

INGÉNIEURS EN DISPONIBILITÉ, EN RÉSERVE OU EN CONGÉ.

MM.		MM.	
BRONGNIART (O ✱).	Ing. en ch. 1re cl.	Declerck.	Ing. ord. 2e cl.
GARELLA ✱. . . .	Ing. en ch. 2e cl.	De Lamotte.	Ing. ord. 2e cl.
VARIN.	Ing. en ch. 2e cl.	Lecocq.	Ing. ord. 2e cl.
Gervoy ✱.	Ing. ord. 1re cl.	Martha-Becker. . .	Ing. ord. 2e cl.
Sagey.	Ing. ord. 1re cl.	Piot.	Ing. ord. 2e cl.
De Villeneuve ✱.	Ing. ord. 1re cl.	Reynaud.	Ing. ord. 2e cl.
Chatelus.	Ing. ord. 2e cl.	Bertrand.	Élève-Ingén.

ÉCOLE ROYALE DES MINES.

RUE D'ENFER, N° 34.

I. Dufrénoy (O ⁂), Inspecteur général adjoint, Inspecteur des études.

ENSEIGNEMENT.

MM.		
)ufrénoy (O ⁂), Insp. gén. adjoint.	Professeur.	Minéralogie.
Élie de Beaumont (O ⁂), Ing. en chef 1re cl.	*idem.*	Géologie.
Combes ⁂, Ing. en chef 1re cl. . .	*idem.*	Exploitation.
Le Play ⁂, Ing. en chef 2e cl. . .	*idem.*	Minéralurgie.
Ebelmen ⁂, Ing. ord. 2e cl., Chef du laboratoire.	*idem.*	Docimasie.
Delaunay, Ing. ordin. 2e cl. . . .	*idem.*	Dessin et Géométrie descript. appliquée.

Rivot, Élève hors de concours. — Chargé de la direction des travaux du laboratoire, et d'un Cours de Chimie préparat. pour les Élèves externes.

I. Berthier (O ⁂), Inspecteur général 2e classe, Professeur honoraire.

BUREAU D'ESSAIS POUR LES SUBSTANCES MINÉRALES.

MM.
Ebelmen ⁂, Ingénieur ordinaire 2e classe, Chef.
Rivot, Élève hors de concours. — Chargé de la direction des essais.
Pierre, Aide du laboratoire.

COLLECTIONS.

MM.
Dufrénoy (O ⁂), Inspecteur général adjoint, Conservateur.
Bayle, Aspirant, Adjoint au Conservateur.
Pierre, Aide du laboratoire.
Adelmann, Gardien des collections.
Micheleau, Gardien de la bibliothèque.
Vacher, *idem.*
Pomel, Garde-mines 3e classe. — Collections de géologie et de fossiles.

SERVICE DE SANTÉ.

M. Lacroix (O ⁂), Médecin-Chirurgien.

CONSEIL DE L'ÉCOLE DES MINES.

Le Conseil de l'École est présidé par le Sous-Secrétaire d'État.

MM.
CORDIER (C ✠), Inspecteur général, *Vice-Président.*
DE BONNARD (C ✠), *idem.*
MIGNERON (O ✠), *idem.*
HÉRICART DE THURY (O ✠), *idem.*
BERTHIER (O ✠), *idem.*
GARNIER (O ✠), *idem.*
CHÉRON, (O ✠), Inspecteur général adjoint.
ÉLIE DE BEAUMONT (O ✠), Ing. en chef, Professeur.
COMBES ✠, *idem*, *idem.*
LE PLAY ✠, *idem*, *idem.*
EBELMEN ✠, Ing. ordin. *idem.*
DUFRÉNOY (O ✠), Inspecteur général adjoint, *Secrétaire.*

ÉLÈVES INGÉNIEURS DES MINES.

ÉLÈVES DE PREMIÈRE CLASSE.

9 janvier 1846.

MM.
Gauldrée-Boilleau.
Trautmann.
Bochet.

ÉLÈVES DE DEUXIÈME CLASSE.

1er février 1845.

Labrosse Luuyt.
Tournaire.
Peschard d'Ambly.
Benoit.

18 novembre 1845.

Roger.
Bère.
Commines de Marsilly.
Lamé-Fleury.
Arnoux.

ÉCOLE DES MINEURS DE SAINT-ÉTIENNE

(Département de la Loire).

sel-Galle ✱, Ing. en chef 1re cl., Directeur de l'École.

ENSEIGNEMENT.

:on, Ing. en chef 2e cl.	Professeur.	Minéralogie et Géologie.
ier, Ing. ord. 1re cl. .	*idem*.	Chimie et Métallurgie.
lips, Élève hors de conc.	*idem*.	Préparation mécanique et Machines; Exploitation et Construction.
:ot, Répétiteur de chimie, Préparat. .		Arithmétique et Comptabilité.
ant, Répétiteur, 1er Surveillant des udes.		Géométrie, Levé de plans et Dessin.

enoir, Répétiteur, 2e Surveillant.

ÉCOLE DES MAITRES-OUVRIERS-MINEURS D'ALAIS

(Département du Gard).

École est placée sous l'Inspection de M. l'Ingénieur en chef de l'arrondissement minéralogique d'Alais.

lon, Ing. ordin. 2e cl. . . . . Directeur de l'École.
lée, garde-mines, 2e cl. . . . Répétiteur, 1er Sous-Maître.
. . . . Répétiteur, 2e Sous-Maître.
aux. . . . . Surveillant des études.

TABLEAU PAR ANCIENNETÉ,

DANS CHAQUE GRADE ET DANS CHAQUE CLASSE,

DES INGÉNIEURS DES MINES EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE PREMIÈRE CLASSE.

27 avril 1832.

Cordier (C ✠).

14 septembre 1835.

De Bonnard (C ✠).

20 mai 1840.

Migneron (O ✠).

INSPECTEURS GÉNÉRAUX DE DEUXIÈME CLASSE.

16 mai 1834.

Héricart de Thury (O ✠).

22 décembre 1836.

Berthier (O ✠).

5 août 1840.

Garnier (O ✠).

INSPECTEURS GÉNÉRAUX ADJOINTS.

6 décembre 1840.

Chéron (O ✠).

21 avril 1846.

Dufrénoy (O ✠).

INGÉNIEURS EN CHEF DE PREMIÈRE CLASSE.

2 août 1828.

Brongniart (O ✠).

1er novembre 1833.

Furgaud ✠.

26 décembre 1836.

Gueymard (O ✠), Directeur.
Roussel-Galle ✠.
Delsériès ✠.

26 janvier 1839.

Élie de Beaumont (O ✠).
Burdin ✠.

5 mai 1840

Levallois ✠.

10 mai 1841.

Juncker (O ✠).

11 mars 1842.

Moisson-Desroches.
Thirria (O ✠).

28 décembre 1845.

Lefebvre ✠.
Thibaud ✠.
Lamé ✠.
Combes ✠.

INGÉNIEURS EN CHEF DE DEUXIÈME CLASSE.

21 septembre 1837.

Clapeyron ✻.

15 janvier 1839.

Manès ✻.
Marrot ✻.

15 juillet 1839

Lorieux ✻.

7 mai 1840.

Blavier ✻.
Fénéon.
De Billy ✻.

29 juillet 1840.

Bineau ✻.
Le Play ✻.

9 décembre 1840.

Chevalier (Michel) (O ✻).

18 mars 1842.

De Saint-Léger ✻.
Varin.

1er mai 1843.

Vène ✻.

5 janvier 1844.

Fournel (O ✻).
Garella (O ✻).

1er janvier 1845.

Drouot ✻.

1er décembre 1845.

Guillot-Duhamel.
Gras ✻.
Reverchon.
De Boureuille ✻.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE PREMIÈRE CLASSE.

26 décembre 1836.

De Villeneuve ✻.

26 janvier 1839.

Sagey.
Gervoy ✻.

10 janvier 1840.

Baudin.

10 mai 1841.

Boudousquié ✻.
De Sénarmont ✻.
Gruner.
Senez ✻.

23 décembre 1845.

Lambert (Charles-Joseph) ✻.
De Hennezel.
Boulanger.
Harlé.
François ✻.
Lefébure de Fourcy.
Regnault ✻.

INGÉNIEURS ORDINAIRES DE DEUXIÈME CLASSE.

4 juillet 1830.

Reynaud.
Transon.

1er novembre 1833

Vergnette de Lamotte.

29 juin 1836.

Martha-Becker.
Lecocq.

9 janvier 1837.

Dusouich.
Diday.

5 septembre 1837.

Mœvus.

5 mars 1838.

Chatelus.

30 janvier 1839.

Ebelmen ✱.
Declerck.
Sauvage ✱.

7 mai 1840.

Bertrand de Boucheporn ✱.
Daubrée.
Pigeon.

25 mai 1841.

Sentis.
Callon.
Le Châtelier.

18 mars 1842.

Couche.
Comte.

25 juin 1843.

Durocher.
Guillebot de Nerville.
Boyé.
Delaunay.

15 juin 1844.

Cacarrié.
Piérard.
Piot.

12 avril 1845.

Audibert.
Jacquot.
Delesse.
Lefrançois.
Descottes.
Dupont.
Meugy.
Furiet.
Meissonnier.

ASPIRANTS-INGÉNIEURS.

1er janvier 1845.

Ville.
Gentil.
Hulot d'Osery.

5 septembre 1845.

Debette.
Bertera.
Bayle.
Reuss.
De Chancourtois.
Renouf.

28 mars 1846.

Dubocq.

13 juin 1846.

Bossey.

ÉLÈVES-INGÉNIEURS HORS DE CONCOURS.

23 mai 1846.

Rivot.
Phillips.
Bertrand.
Houpeurt.

LISTE GÉNÉRALE

ET ALPHABÉTIQUE

DES INGÉNIEURS DES MINES

EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ.

oms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
A		
ibly. *Voir* Peschard.		
ioux.	élève 2ᵉ cl.	A l'École.
ilbert.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	*Chemin de fer concédé de Lyon à Avignon.*
B		
idin.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. (f. f. d'ing. en ch.)	Nantes. — Div. du nord-ouest.
de.	aspirant.	Paris. — École des mines.
umont (de). *Voir* lie.		
ioit.	élève 2ᵉ cl.	A l'École.
e.	élève 2ᵉ cl.	A l'École.
tera.	aspirant.	Moulins. — Div. du centre.
thier (O ✻). . . .	insp. gén. 2ᵉ cl. .	Paris. — DIVISION DE L'OUEST.
trand.	élève hors de conc.	En congé.
trand de Bouche-orn ✻.	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Toulouse. — Div. du sud-ouest.
y (de) ✻.	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Strasbourg. — Div. du nord-est.
eau ✻.	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Paris. — Serv. spécial.
rier ✻.	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Douai. — Div. du nord et serv. extr.
het.	élève 1ʳᵉ cl. . . .	A l'École.
inard (de) (C ✻). .	insp. gén. 1ʳᵉ cl.	Paris. — DIVISION DU SUD-EST.
scy.	aspirant.	Pau. — Div. du sud-ouest.
icheporn (de). *Voir* ertrand.		
idousquié ✻. . . .	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Périgueux. — Div. du sud-ouest.
ilanger.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	Paris. — Service spécial.
ireuille (de) ✻. . .	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Paris. — Adm. centrale et comm. des Ann. des mines.
é.	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Besançon. — Div. de l'est.
ngniart (O ✻). . .	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Serv. extr. (Manuf. de Sèvres).
din ✻.	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Clermont. — Div. du centre.
C		
arrié.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Angers. — Div. de l'ouest.
lon.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Alais. — École des maîtres ouv.-min.
incourtois (de). . .	aspirant.	Orléans. — Div. du nord.
itelus.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	En congé.
iron (O ✻).	insp. gén. adj. . .	Paris. — DIVISION DU NORD-OUEST.
evalier (Mich.) (O ✻).	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	Paris. — Comm. de statistique de l'industrie minérale.

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
Clapeyron ✻.	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	*Ch. de fer concédés de Paris en Belgique et de Paris à St-Germain.*
Combes ✻.	ing. en ch. 1ʳᵉ cl. .	Paris.—Ecole des min. et serv. spéc.
Commines de Marsilly.	élève 2ᵉ cl.	A l'école.
Comte.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Valenciennes.—Div. du nord.
Cordier (C ✻).	insp. gén. 1ʳᵉ cl. .	Paris.—Division du sud-ouest.
Couche.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Versailles.—Div. du nord.
D		
Daubrée.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Strasbourg.—Div. du nord-est.
Debette.	aspirant.	Paris.—École des mines. — Comm. des *Annales des mines.*
Declerk.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Serv. part. (Decazeville).
Delamotte. *Voir* Vergnette.		
Delaunay.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	École des Mines et École polytech.
Delesse.	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Vesoul.—Div. du nord-est.
Delsériès ✻.	ing. en ch. 1ʳᵉ cl..	Saint-Etienne.—Div. du centre.
Descottes.	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Tours.—Div. de l'ouest et serv. spéc.
Desroches. *V.* Moisson.		
Diday.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Marseille.—Div. du sud-est.
Drouot ✻.	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Châlon.—Div. de l'est et serv. extr.
Dubocq.	aspirant.	Algérie.
Dufrénoy (O ✻). . . .	inspect. gén. adj.	Paris.—Div. de l'Est et École des min.
Duhamel. *V.* Guillot.		
Dupont.	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Montpellier-Div. du sud-est et s. ex.
Durocher.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Rennes.—Div. du nord-ouest.
Dusouich.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Arras.—Div. du nord.
E		
Ebelmen ✻.	ing. ord. 2ᵉ cl. . .	Paris.—École des mines et serv. ext.
Elie de Beaumont (O ✻).	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Paris.—École des mines.
F		
Fénéon.	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	Saint-Étienne.—École des mineurs.
Fourcy (de). *Voir* Lefébure.		
Fournel (O ✻).	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	Algérie.
François ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl.. .	Minist. de l'agr. et du comm. (eaux thermales).
Furgaud ✻.	ing. en ch. 1ʳᵉ cl.	Guéret.—Div. du centre et serv. ex.
Furiet.	ing. ord. 2ᵉ cl. .	Colmar.—Div. du nord-est.
G		
Galle. *Voir* Roussel.		
Gallissart de Marignac.	élève.	En congé (Suisse).
Garella (O ✻)	ing. en ch. 2ᵉ cl. .	En congé.
Garnier (O ✻).	insp. gén. 2ᵉ cl. .	Paris.—Division du nord-est.
Gauldrée-Boilleau. . .	élève 1ʳᵉ cl. . . .	Clermont.—Div. du centre.
Gentil.	aspirant.	Paris.—Div. du nord.
Gervoy ✻.	ing. ord. 1ʳᵉ cl. .	En congé.
Gras ✻.	ing. en ch. 2ᵉ cl.	Grenoble.-Div. du sud-est et serv. sp.
Gruner.	ing. ord. 1ʳᵉ cl.. .	Saint-Etienne.—Ecole des mineurs.

oms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
eymard (O ✻). . . .	ing. en ch. 1re cl. dir.	Grenoble.—Div. du sud-est, serv. ext.
illebot de Nerville. .	ing. ord. 2e cl. . .	Dijon.—Div. de l'est.
illot-Duhamel. . . .	ing. en ch. 2e cl. .	Chaumont.—Division de l'est.
H		
rlé.	ing. ord. 1re cl. . .	Caen.—Division du nord-ouest.
nnezel (de).	ing. ord. 1re cl. . .	Le Mans.—Div. du nord-ouest.
icart de Thury (O ✻)	insp. gén. 2e cl. . .	Paris.—Division du nord.
upeurt.	élève hors de conc.	Rive-de-Gier.—Div. du centre.
lot d'Osery.	aspirant.	Amérique du Sud (*mission*).
reau de Sénarmont ✻.	ing. ord. 1re cl. . .	Paris.—Serv. spécial.
J		
quot.	ing. ord. 2e cl. . .	Metz.—Div. du nord-est.
cker (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Div. du nord et serv. spéc.
L		
rosse Luuyt. . . .	élève 2e cl.	A l'École.
nbert ✻.	ing. ord. 1re cl. . .	En congé (Égypte).
né ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Com. des mach. à vap. et Ecole polyt.
né-Fleury.	élève 2e cl.	A l'École.
Châtelier.	ing. ord. 2e cl. . .	*Chemin de fer concédé de Paris en Belgique.*
ocq.	ing. ord. 2e cl. . .	En réserve.
tbure de Fourcy. .	ing. ord. 1re cl. .	Paris. Div. du nord et serv. spéc.
bvre ✻.	ing. en ch. 1re cl. .	Amiens —Div. du nord.
ançois.	ing. ord. 2e cl. .	Alais.—Div. du sud-est.
Play ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Paris.- Ecole des mines et comm. de statist. de l'indust. minérale.
allois ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Nancy.—Div. du nord-est.
ieux ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Versailles. — Division du nord.
M		
nès ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Bordeaux.—Div. du sud-ouest.
rignac (de). *Voir* Gallissart.		
rrot ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Périgueux.—Div. du sud-ouest.
rsilly. *V.* Commines.		
rtha-Becker.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
issonnier.	ing. ord. 2e cl. .	Draguignan.—Div. du sud-est.
ugy.	ing. ord. 2e cl. .	Lille.—Div. du nord.
gneron (O ✻). . . .	insp. gén. 1re cl. .	Paris. - Division du centre.
evus.	ing. ord. 2e cl. . .	Saint-Etienne.—Div. du centre.
oisson-Desroches. . .	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Serv. extraordin.
N		
rville (de). *Voir* Guillebot.		

Noms des Ingénieurs.	Grades.	Services.
O		
Osery (d'). *Voir* Hulot.		
P		
Peschard d'Ambly. . .	élève 2e cl. . . .	A l'École.
Phillips.	élève hors de conc.	St-Étienne.—École des Mineurs.
Piérard.	ing. ord. 2e cl. . .	Beauvais.—Div. du nord.
Pigeon.	ing. ord. 2e cl. . .	Lyon.—Div. du centre.
Piot.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
R		
Regnault ✻.	ing. ord. 1re cl. . .	Com. des mach. à vap. et École polyt.
Renouf.	aspirant.	Vic-Dessos.—Div. du sud-ouest.
Reuss.	aspirant.	Mézières.—Div. du nord-est.
Reverchon.	ing. en ch. 2e cl. .	Troyes.—Div. du nord-est.
Reynaud.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
Rivot.	élève hors de conc.	Paris.—Ecole des mines.
Roger.	élève 2e cl.	A l'Ecole.
Roussel-Galle ✻. . . .	ing. en ch. 1re cl. .	Saint-Etienne.—École des mineurs.
S		
Sagey.	ing. ord. 1re cl. . .	En réserve.
Saint-Léger (de) ✻. . .	ing. en ch. 2e cl. .	Rouen.—Div. du nord et serv. ext.
Sauvage ✻.	ing. ord. 2e cl. . .	*Chemin de fer concédé de Frouard à Sarrebruck.*
Sénarmont (de). *Voir* Hureau.		
Senez ✻.	ing. ord. 1re cl. . .	Villefranche.—Div. du sud-ouest.
Sentis.	ing. ord. 2e cl. . .	Paris.—Div. du nord et serv. spécial.
T		
Thibaud ✻.	ing. en ch. 1re cl.	Alais.—Div. du sud-est.
Thirria (O ✻).	ing. en ch. 1re cl.	Paris.—Conseil général des mines.
Thury (de) *V.* Héricart.		
Tournaire.	élève 2e cl.	A l'École.
Transon.	ing. ord. 2e cl. . .	Ecole polytechnique.
Trautmann.	élève 1re cl.	Carcassonne.—Div. du sud-ouest.
V		
Varin.	ing. en ch. 2e cl. .	En réserve.
Vène ✻.	ing. en ch. 2e cl. .	Toulouse.—Div. du sud-ouest.
Vergnette de Lamotte.	ing. ord. 2e cl. . .	En congé.
Ville.	aspirant.	Algérie.
Villeneuve (de) ✻. . .	ing. ord. 1re cl. . .	En congé.

INGÉNIEURS DE TOUS GRADES EN RETRAITE.

Noms.	Grades.	Résidences.	Départements.
MM.			
Duhamel ✻.	insp. gén. . .	Évreux.	Eure.
Guenyveau (O ✻).	insp. gén. . .	Paris.	Seine.
Hérault ✻.	insp. gén. hon.	Caen.	Calvados.
Le Boullenger ✻	ing. ord. . . .	Rive-de-Gier. .	Loire.
Parrot.	ing. en ch. hon.	Montbéliard. .	Doubs.
Poirier de Saint-Brice ✻.. . . .	ing. en ch. . .	Paris.	Seine.
Trémery ✻..	ing. en ch. dir.	Fontainebleau.	Seine-et-Marne.
Villefosse (Héron de) (O✻). . .	insp. gén. . . .	Paris.	Seine.

VEUVES D'INGÉNIEURS PENSIONNÉES.

Noms et grades des maris.		Noms des veuves.	Résidences.	Départements.
MM.		Mesd.		
Allou.	ing. en ch. .	Fouillard.. . . .	Paris. . . .	Seine.
Champeaux Saucy (de).	ing. en ch. .	Collins de Gevaudan.	Clamercy. .	Saône-et-L.
Clère.	ing. en ch. .	Pléjot.	Paris. . . .	Seine.
Collet-Descotils. . .	ing. en ch. .	Vintras.	Paris. . . .	Seine.
Cressac (de).	ing. en ch. .	Lamarque. . . .	Marnay. . .	Vienne.
D'Aubuisson.. . . .	ing. en ch. dir.	Vignes de Puylaroque.	Toulouse. .	Hte-Garonne.
De Gallois..	ing. en ch. .	Larges..	St-Étienne.	Loire.
Lelièvre.	insp. gén. . .	Ory.	Paris. . . .	Seine.

RETRAITES ET DÉCÈS

DU 1er JUILLET 1845 AU 1er AOUT 1846.

RETRAITES.

		Dates des ordonnances
MM. Gabé.	ingénieur en chef 2e cl.	26 juillet 1845.
Guenyveau.	inspecteur général adjoint. . . .	1er avril 1846.

DÉCÈS.

M. Baillet. . . . . . . inspecteur général honoraire en retraite. . . 18 juin 1845.

GARDES-MINES.

ÉTAT DES GARDES-MINES PAR DIVISIONS ET ARRONDISSEMENTS MINÉRALOGIQUES.

Arrondissements minéralogiques.	Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
	DIVISION DU NORD.		
PARIS	Jedlinski, 1re cl.	Paris	Seine. Carte géologiq.
	Pomel, 3e cl.		École des mines.
	Rosset, 2e cl.		Machines à vap.
	Fragonard, 2e cl.		*idem.*
	Bougarel, 3e cl.		*idem.*
VERSAILLES	Thouvenin, 4e cl.	Saint-Germain.	Seine-et-Oise, serv. ordin.
	Moklin, 3e cl.	Mennecy.	
	Laplanche, 3e cl.	Meaux	Seine-et-Marne, serv. ord.
DOUAI	Lévy, 2e cl.	Douai	Nord, serv. ordin.
	Ducas, 2e cl.	Valenciennes.	Nord, serv. ordin. et appareils à vapeur.
	DIVISION DU NORD-EST.		
TROYES	Brisset, 4e cl.	Mézières.	Ardennes, serv. ordin.
	Kienski, 4e cl.	Vouziers.	
	Huppé, 4e cl.	Tréveray.	Meuse, serv. ordin.
	Ilnicki, 3e cl.	Reims.	Marne, serv. ordin.
	Pestelard, 4e cl.	Troyes.	Aube, serv. ordin.
NANCY	Perret, 3e cl.	Nancy.	Meurthe, serv. ordin.
	Gérard, 4e cl.	Longwy.	Moselle, serv. ordin.
STRASBOURG	Lebas, 3e cl.	Strasbourg.	Bas-Rhin, serv. ordin.
	Dürrbach, 2e cl.	Colmar.	Haut-Rhin, appar. à vap.
	Audoire, 4e cl.	Épinal.	Vosges, serv. ordin.

Arrondissements minéralogiques.	Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.

DIVISION DE L'EST.

Arrondissements minéralogiques.	Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
Vesoul	Paufert, 3e cl.	Vesoul	Haute-Saône, serv. ordin.
	Mallet, 4e cl.	Gray	
	Chambrette, 4e cl.	Chaumont	Haute-Marne, minières et atel. de lavage.
	Roze, 4e cl.	Vassy	
	Heuret, 4e cl.	Châtillon	Côte-d'Or, serv. ordin.
	Tournois, 3e cl.	Dijon	
Macon	Mairet, 3e cl.	Châlon	Saône-et-Loire, serv. ord.
	Thénésy, 4e cl.	Blanzy	

DIVISION DU CENTRE.

Arrondissements minéralogiques.	Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
St-Étienne	Koss, 1re cl.	St-Étienne	Loire. topog. souterr.
	Mizlewicz, 4e cl.		Loire. serv. ordin.
	Bayon ✻, 1re cl.	Rive-de-Gier	Loire. serv. ordin.
	Legrand, 2e cl.		Loire. topog. souterr. trav. de consolid.
	Blanpied, 2e cl.	Lyon	Rhône, bateaux à vapeur.
Clermont	Jusseraud, 1re cl.	Brassac	Puy-de-Dôme, serv. ordin.
	. . . .	Nevers	Nièvre, serv. ordin.
	Briotet, 3e cl.	Bourges	Cher, min. et établ. métall.
	Faugière, 3e cl.	Montluçon	Allier, serv. ordin.

DIVISION DU SUD-EST.

Arrondissements minéralogiques.	Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
Grenoble	Grand, 2e cl.	Marseille	B.-du-Rhône, serv. ordin.
	Mercanton, 3e cl.	Latour-du-Pin	Isère, serv. ordin.
	Bernard (H.), 2e cl.	Allevard	
	Albert, 3e cl.	Briançon	Hautes-Alpes, serv. ordin.

Arrondissements minéralogiques.	Noms des Gardes-Mines.	Résidences.	Services.
DIVISION DU SUD-EST (*suite*).			
Alais	Czyszkowski, 1re cl.	Alais	Gard, serv. ordin.
	Rouët, 4e cl.	Montpellier	Hérault, serv. ordin.
	Dziedzicki, 2e cl.	Arles-sur-Tech	Pyr.-Orientales, serv. ord.
DIVISION DU SUD-OUEST.			
Périgueux	....	Périgueux	Dordogne, serv. ordin.
	Orlowski, 3e cl.	Agen	Lot-et-Gar., bat. à vap.
	Bernard (A.), 2e cl.	Aubin	Aveyron, serv. ordin.
Bordeaux	Canaly, 3e cl.	Bordeaux	Gironde, serv. ordin.
DIVISION DE L'OUEST.			
Guéret	Devoucoux, 3e cl.	Poitiers	Vienne, serv. ordin.
	Roy, 2e cl.	Jarnac	Charente. Charente-Inf. } Serv. ord.
Nantes	Wolski, 1re cl.	Nantes	Loire-Infér., serv. ordin. et bateaux à vapeur.
	Cherbonneau, 5e cl.	Saumur	Maine-et-Loire, serv. ord.
	Barret de Besse, 3e cl.	Angers	
DIVISION DU NORD-OUEST.			
Rouen	Slawecki, 2e cl.	Rouen	Seine-Inf. { serv. ord.
	Dunowski, 2e cl.	Fécamp	carr. de Fécamp.
	Makowiecki, 3e cl.	Caen	Calvados, serv. ord.
Laval	Saminne, 2e cl.	Sablé	Sarthe, serv. ord.
	Lalouette (Aljoar), 4e cl.	Redon	Ille-et-Vilaine, serv. ord.

LISTE GÉNÉRALE ET ALPHABÉTIQUE

DES GARDES-MINES

EN ACTIVITÉ OU EN DISPONIBILITÉ.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Services.
A		
Albert	3e cl.	Briançon, arr. de Grenoble.
Audoire	4e cl.	Épinal, arr. de Strasbourg.
B		
Badynski	1re cl.	Algérie.
Barret de Besse	3e cl.	Angers, arr. de Nantes.
Bayon ✱	1re cl.	Rive-de-Gier, arr. de Saint-Étienne.
Bernard (A.)	2e cl.	Aubin, arr. de Périgueux.
Bernard (H.)	2e cl.	Allevard, arr. de Grenoble.
Bertrand de Lom	3e cl.	En congé.
Blanpied	2e cl.	Lyon, arr. de St-Étienne (bat. à vapeur).
Bougarel	3e cl.	Paris, mach. à vapeur.
Briotet	3e cl.	Bourges, arr. de Clermont.
Brisset	4e cl.	Mézières, arr. de Troyes.
C		
Canaly	3e cl.	Bordeaux, arr. de Bordeaux.
Chambrette	4e cl.	Chaumont, arr. de Vesoul.
Cherbonneau	5e cl.	Saumur, arr. de Nantes.
Czyszkowski	1re cl.	Alais, arr. d'Alais.
D		
Devoucoux	4e cl.	Poitiers, arr. de Guéret.
Ducas	2e cl.	Valenciennes, arr. de Douai.
Dunowski	2e cl.	Fécamp, arr. de Rouen.
Dürrbach	2e cl.	Colmar, arr. de Strasbourg.
Dziedzicki	2e cl.	Arles-sur-Tech, arr. d'Alais.
F		
Faugière	3e cl.	Montluçon, arr. de Clermont.
Fragonard	2e cl.	Paris, mach. à vapeur.
Freynet	3e cl.	Algérie.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Services.
G		
Gérard.	4e cl.	Longwy, arr. de Nancy.
Grand.	2e cl.	Marseille, arr. de Grenoble.
Guillet.	4e cl.	En congé.
H		
Heuret.	4e cl.	Châtillon, arr. de Vesoul.
Huppé.	4e cl.	Tréveray, arr. de Troyes.
Huvé.	2e cl.	En congé.
I		
Ilnicki.	3e cl.	Reims, arr. de Troyes.
J		
Jedlinski.	1re cl.	Paris, carte géologique.
Jusseraud.	1re cl.	Brassac, arr. de Clermont.
K		
Kienski.	4e cl.	Vouziers, arr. de Troyes.
Koss.	1re cl.	Saint-Etienne, arr. de Saint-Étienne.
L		
Lalouette-Aljoar. . . .	4e cl.	Redon, arr. de Laval.
Laplanche.	3e cl.	Meaux, arr. de Versailles.
Lebas.	3e cl.	Strasbourg, arr. de Strasbourg.
Legrand.	2e cl.	Rive-de-Gier, arr. de Saint-Étienne.
Lévy.	2e cl.	Douai, arr. de Douai.
M		
Mairet.	3e cl.	Châlon, arr. de Mâcon.
Makowiecki.	3e cl.	Caen, arr. de Rouen.
Mallet.	4e cl.	Gray, arr. de Vesoul.
Mercanton.	3e cl.	Latour-du-Pin, arr. de Grenoble.
Miziewicz.	4e cl.	Rive-de-Gier, arr. de Saint-Étienne.
Mœvus.	3e cl.	Algérie.
Moklin.	3e cl.	Mennecy, arr. de Versailles.
O		
Orlowski.	3e cl.	Agen, arr. de Périgueux (bat. à vapeur).
P		
Paufert.	3e cl.	Vesoul, arr. de Vesoul.
Perret.	3e cl.	Nancy, arr. de Nancy.

Noms des Gardes-Mines.	Classes.	Services.
Pestelard.	4e cl.	Aube, arr. de Troyes.
Pomel.	3e cl.	Paris, École des mines.
R		
Rosset.	2e cl.	Paris, mach. à vapeur.
Rouët.	4e cl.	Montpellier, arr. d'Alais.
Roy.	2e cl.	Jarnac, arr. de Guéret.
Roze.	4e cl.	Vassy, arr. de Vesoul.
S		
Saminne.	2e cl.	Sablé, arr. de Laval.
Slawecki.	2e cl.	Rouen, arr. de Rouen.
T		
Thénésy.	4e cl.	Blanzy, arr. de Mâcon.
Thouvenin.	4e cl.	St-Germain-en-Laye, arr. de Versailles.
Tournois.	3e cl.	Dijon, arr. de Vesoul.
V		
Vallée.	2e cl.	Alais, École des maîtres ouvriers min.
W		
Wolski.	1re cl.	Nantes, arr. de Nantes.

GARDES-MINES DÉCÉDÉS EN ACTIVITÉ.

		Date du décès.
Zavistowski.	1re classe.	9 juillet 1843.
Aubrion.	5e classe.	24 février 1844.
Manoury.	3e classe.	21 novembre 1845.

COMMISSIONS DE SURVEILLANCE

INSTITUÉES POUR LA NAVIGATION DES BATEAUX A VAPEUR (*)

ALLIER.

MM.		
Rérolle	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Moulins.
Pognon	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Schlemmer	*Idem.*	
Hamard	Professeur de mathématiques au collége royal de Moulins.	
Gaffarel	*Idem.*	
Bertera	Ingénieur des mines.	
Pollart	Inspecteur de la navigation.	

BOUCHES-DU-RHÔNE.

De Montluisant	Ing. en chef directeur des ponts-et-chaussées.	Marseille.
De Villeneuve	Ingénieur des mines.	
Durbec	Capitaine de port.	
Bazin	Armateur de bateaux à vapeur.	
Fasquière	Construct. de machines à vapeur.	
De Montricher	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Lebas	Chef de bataillon du génie.	
Catelin	Lieutenant de vaisseau.	
Barré	Industriel.	
Toussaint	Ing. en chef des ports maritimes de commerce du département.	
Moissard	Ingénieur de la marine, aux bateaux à vapeur du Levant.	
De Gabriac	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Réguis	Capitaine d'artillerie.	
Diday	Ingénieur des mines.	
Finaud	Constructeur de machines à vapeur.	
La Souchère fils	Professeur de chimie.	
Démange	Constructeur-mécanicien.	

(*) Ces Commissions sont établies en vertu de l'ordonnance royale du 23 mai 18 relative aux bateaux à vapeur. Elles sont chargées, sous la direction des préfets d'inspecter ces bateaux, de s'assurer s'ils sont construits avec solidité, partic lièrement en ce qui concerne l'appareil moteur; si cet appareil est soigneusem entretenu dans toutes ses parties, et s'il ne présente pas de probabilités d'effra tions ou des détériorations dangereuses, etc.

CALVADOS.

MM.		
ounier.	Ing. en chef directeur des ponts-et-chaussées.	Caen.
›stain.	Ing. en chef des ports maritimes de commerce du département.	Caen.
›rtin.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Caen.
ırlé	Ingénieur des mines.	Caen.
›lisle.	Lieutenant de port.	Caen.
›rin.	Capitaine au long-cours.	Caen.
ı la Borderie. . . .	Commissaire de marine.	Caen.
ınmair.	Mécanicien.	Caen.

CHARENTE-INFÉRIEURE.

›sereau	Direct. des constructions navales.	Rochefort.
ıriol.	Ing. des constructions navales.	Rochefort.
ıitrot de Varennes.	Ing. des ponts-et-chaussées.	Rochefort.
ır.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	La Rochelle.
ıilliard.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	La Rochelle.
ırchegay.	*Idem*.	La Rochelle.
page aîné.	Constructeur de navires.	La Rochelle.
ıuyer (Adolphe). .	directeur du moulin à vapeur de la Rochelle.	La Rochelle.

CORSE.

. . . .	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Ajaccio.
ıss.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Ajaccio.
ıfric.	Lieutenant au corps royal du génie.	Ajaccio.
›gin..	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Bastia.
›ntant.	*Idem*.	Bastia.
ıcas..	Capitaine au corps royal du génie.	Bastia.
›co.	Architecte de la ville de Bastia.	Bastia.

CÔTES-DU-NORD.

ııgeul.	Ing. des ponts-et-chaussées.	Dinan.
ıselin.	Négociant.	Dinan.
ıuchet.	Lieutenant de vaisseau en retraite.	Dinan.

DORDOGNE.

MM.		
Spinasse	Ingénieur en chef de la navigation de la Dordogne.	Bergerac.
Simon	Ingén. ordin. *idem*.	Bergerac.
Rennes	Médecin.	Bergerac.
Eyriniac	Maire de Bergerac et membre du conseil général.	Bergerac.
Carré	Pharmacien.	Bergerac.
Bardy	Mécanicien.	Bergerac.
Rigaud	*Idem*.	Bergerac.

FINISTÈRE.

Aumaître	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Morlaix.
Andrieux (Aristide)	Négociant.	Morlaix.
Boyer	Architecte.	Morlaix.
Monier (Désiré)	Mécanicien.	Morlaix.
Le Loutre	Capitaine au long cours.	Morlaix.
Frébourg	Président de la chambre de comm.	Morlaix.
Le Moyne	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Brest.
Simon	Anc. ing. de la marine en retraite.	Brest.
Bonin	Memb. du com. sup. d'instr. prim.	Brest.
Chedeville	S[t]-Ing des constructions navales.	Brest.
Fauveaux	Capitaine du génie.	Brest.
Guyot	Capitaine d'artillerie au Pont de Buis.	Châteaulin.
D'Assigny	Commissaire à la poudrerie du Pont de Buis.	Châteaulin.
Durest-le-Bris	Négociant armateur.	Châteaulin.
Marzin	*Idem*.	Châteaulin.
Tourbiez	Conducteur faisant fonctions d'ingénieur à Châteaulin.	Châteaulin.

GARD.

Vinard	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Nîmes.
Thibaud	Ing. en chef des mines.	Nîmes.
Didion	Ing. en chef du chemin de fer de Montpellier à Nîmes.	Nîmes.
Plagniol	Inspect. de l'Académie de Nîmes.	Nîmes.
Vassas	Ancien élève de l'école polytech.	Nîmes.
Granier	Chef de bataillon du génie.	Nîmes.
Dombre	Ing. des ponts-et-chaussées.	Nîmes.
Gaston-Vincens	Anc. capitaine d'artillerie.	Nîmes.
Denis Benoist	Exploit. des fond. et forges d'Alais.	Nîmes.
Rousseau	Ingénieur civil.	Nîmes.
Bouchet aîné	Mécanicien.	Nîmes.

GARD (*Suite*).

MM.		
avernel.	Maire de Beaucaire.	Beaucaire.
e Chastellier. . . .	Officier de marine.	
alabot.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
urell.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
upont.	Ingénieur des mines.	
ebert.	Anc. élève de l'école polytechnique.	
aurent.	Architecte.	
ug. de Labaume. .	Lieut.-col. d'ét.-major en retr.	
ibour.	Maire de Pont-St-Esprit.	
lerc fils.	Maire de Roquemaure.	

GIRONDE.

anès.	Ingénieur en chef des mines.	Bordeaux.
eschamps.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
e Laffore aîné. . . .	*Idem.*	
ian.	*Idem.*	
alaure.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
quemet.	*Idem.*	
abuteau.	*Idem.*	
lphand.	*Idem.*	
hambrelent.	*Idem.*	
e Champflorin. . .	*Idem.*	
airier.	*Idem.*	
ancelin.	*Idem.*	
imon.	*Idem.*	
ousin père.	Constructeur de navires.	
ligé.	Capitaine de port à Bordeaux	
ol.	Direct. de la fonderie de Bacalan.	
ourau fils.	Constructeur.	
lagouty.	Pharmacien chimiste.	

HÉRAULT.

Dupont.	Ingénieur des mines.	Cette.
Saint-Guilhem. . . .	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Lonjon.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Reynaud.	Ingénieur civil.	
Monsservin	Armateur.	
Laurent Fournaire. .	Ancien capitaine au long cours et armateur.	

ILLE-ET-VILAINE.

MM.		
Féburier.	Ing. en chef des ports de Saint-Malo et de Saint-Servan.	
Douville.	Maire de Saint-Servan, ancien capitaine au long-cours.	
Cunat.	Ancien officier de la marine royale.	
Debon.	Commis. de l'inscript. maritime.	
Bossinot.	Lieutenant de port.	
Descottes	Fondeur.	Saint-Malo.
Pivert.	Capitaine au long cours, construct. de navires.	
Fontan (Paul). . .	Armateur.	
Bourdet (Eugène).	Chef de la fonderie du Sillon.	
Picard.	Constructeur de navires à Saint-Malo.	
Guibert.	Armateur.	

INDRE-ET-LOIRE.

Maurice.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Descottes.	Ingénieur des mines.	
Sagey..	*Idem.*	Tours.
Jacquemin.	Architecte.	
Walwein.	Maire de Tours.	
Borgnet.	Proviseur du collége royal.	

LOIRE-INFÉRIEURE.

Cabrol.	Ing. en ch. dir. des ponts-et-ch.	
Baudin.	Ing. des mines, faisant fonctions d'ing. en chef.	
Jégou	Ing. en chef des ponts et chaussées.	
De la Gournerie. . .	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Léchalas.	*Idem.*	
Audibert..	Ingénieur des mines.	Nantes.
Brun.	Ingénieur de la marine, attaché à l'établissement d'Indret.	
Bellanger..	Capitaine de port.	
Martin de Milran. . .	Sous-commiss. de 2e cl. de la marine.	
Leray..	Constructeur de navires.	
Bertrand Froment .	Mécanicien.	

LOIRET.

MM.

loucaud. . . . . . . Ing. en chef des ponts-et-chaussées.
uibourg. . . . . . Ing. en chef du canal latéral à la Loire.
ermon-Douville. . Présid. de la chambre de comm.
etit. . . . . Prof. de phys. au coll. d'Orléans.
/eber. . . . . Mécanicien.
elaitre. . . . . Ingénieur des ponts-et-chaussées.
avannes. . . . . . . Manufacturier.
azard. . . . . *Idem.*
aissière. . . . . . . Ingénieur des ponts-et-chaussées.
hoyot. . . . . *Idem.*
e Sazilly. . . . . . *Idem.*
aron. . . . . *Idem.*

Orléans.

LOT-ET-GARONNE.

lquié. . . . . Secrétaire général de la préfecture.
ob.. . . . . Ing. en chef des ponts-et-chaussées, chargé du service du canal latéral à la Garonne.
Commier. . . . . . . Ing. en chef des ponts-et-chaussées du département.
De Laffore jeune. . . Ingénieur en chef de la navigation du Lot (2e section).
Maillebiau. . . . . . Ingénieur en chef de la navigation de la Garonne.
Couturier. . . . . . Ingénieur des ponts-et-chauss. attaché au can. lat. à la Garonne.
Baumgarten. . . . . *Idem.* *idem.*
Bellegarde. . . . . . *Idem.* *idem.*
Demay. . . . . Conducteur, f. fonct. d'ing. ord.
Ferret. . . . . *Idem.*
De Sévin. . . . . . . Voyer en chef du département.
Bartayrès. . . . . . . Professeur de mathématiques.
De Cressonnière. . . Ancien élève de l'Ecole Polytech.
Marraud. . . . . . . *Idem.*

Agen.

MAINE-ET-LOIRE.

Fourier.. . . . . . . Ing. en chef des ponts-et-chaussées.
Cacarrié. . . . . . . Ingénieur des mines.
Bayan. . . . . Prof. de mathémat. au col. royal.
Calabert. . . . . . . Mécanicien.
Houyau.. . . . . . . Ingénieur civil.
Lesourd-Delisle.. . . Inspect. honoraire de la navigation.
Billard. . . . . Marchand poêlier.

Angers.

MOSELLE.

MM.		
Le Joindre.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Metz.
Jacquot.	Ingénieur des mines.	
Plassiard.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Frécot.	*Idem.*	
Boulangé.	*Idem.*	
Didion.	Chef d'escadron d'artillerie.	
Glavet père..	Constructeur de machines.	
Vandernoot.	Architecte.	
De Pontbriant. . . .	Ing. civil.	
Culmann..	Lieut. colon. d'artillerie.	

NIÈVRE.

Dufand père.	Conseiller de préfecture.	Nevers.
Boucaumont.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	
Bleschamp.	Ing. en chef du canal lat. à la Loire.	
Coumes (Antoine). .	Ing. *Idem.*	
Guilland.	Chef d'escadron d'artillerie.	
Bompois	Propriétaire.	
Gréfis.	Ing. mécanicien.	

OISE.

Marcilly.	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Compiègne.
Beaurain.	Inspect. de la navigation de l'Oise.	
Ouarnier.	Maître de port.	
Le Prince, père. . .	Ancien marinier.	
Mulochot..	Inspect. des bât. de la couronne.	

PAS-DE-CALAIS.

Marguet.	Ing. en chef du port de Boulogne.	Boulogne.
Michelin.	Sous-commissaire de marine.	
Pollet.	Capitaine de port.	
Henry.	Architecte.	
Legris.	Professeur d'hydrographie.	
Déhon.	Ing. en chef du port de Calais.	Calais.
Quehen..	Commissaire de marine.	
Margollé.	Capitaine de port.	
Isaac l'aîné..	Négociant.	
Darquer.	Directeur d'usine à vapeur.	

PYRÉNÉES (BASSES-).

MM.

urant	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Bayonne.
aguenet	*Idem.*	
ossey	Aspirant-ingénieur des mines.	
aul Julien		
rançois Stein	Mécanicien.	
uhart-Fauvet	Négociant.	
escandes	Constructeur de navires.	
auréguiberry	Capitaine de port.	

RHIN (BAS-).

onturat	Ing. en chef des travaux du Rhin.	Strasbourg.
e Billy	Ing. en chef des mines.	
chwilgué	Mécanicien.	
ersoz	Prof. à la faculté des sciences.	
usch	Maître batelier.	
oumes (Jules)	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
aubrée	Ingénieur des mines.	

RHÔNE.

ailloux	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Lyon.
Brien	Ing. en ch. de la 1re sect. du Rhône.	
ontgolfier	Mécanicien.	
abareau	Professeur à la Faculté des sciences.	
almazet	Adjoint au maire de Lyon.	
authier	Membre du conseil gén. de l'Ardèche.	
onmartin	Ancien officier du génie.	
ordan	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
eynard	*Idem.*	
errey	*Idem.*	
oux	Ing. du serv. spéc. de la 1re section du Rhône.	
igeon	Ingénieur des mines.	

SAÔNE-ET-LOIRE.

Comoy	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Châlon.
Dronot	Ing. en chef des mines.	
Tavernier	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Mangon	*Idem.*	
Boissenot	Pharmacien.	
Bessy	Chimiste.	

SEINE.

MM.		
Combes	Ingénieur en chef des mines.	Paris.
Bineau	*Idem.*	Paris.
De Sénarmont	Ingénieur des mines.	Paris.
Rohault	Architecte.	Paris.
Bruzard	*Idem.*	Paris.
Dumoulin	Inspecteur général de la navigat.	Paris.

SEINE-ET-MARNE.

Jousselin	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Melun.
Dufresne	Ing. des ponts-et-chaussées.	Melun.
Mangeon	Architecte du département.	Melun.
Prévost	Pharm. de la mais. cent. de Melun.	Melun.
Duhaut-Plessis	Ing. des ponts-et-chaussées.	Montereau.
Mondot	Inspecteur de la navigation.	Montereau.
Lefebvre	Conducteur des ponts-et-chaussées.	Montereau.
Tonnelier	Médecin.	Montereau.
Valette	Direct. de la manufact. de faïence.	Montereau.
Girault-Dabon	Ancien serrurier-mécanicien.	Montereau.

SEINE-ET-OISE.

Billaudel	Ing. des ponts-et-chaussées.	St-Germain-en-Laye.
Guy	Ancien député, propriétaire.	St-Germain-en-Laye.
Beauvalet	Inspecteur de la navigation.	St-Germain-en-Laye.
De Breuvery	Anc. maire de St-Germain.	St-Germain-en-Laye.
Marcus	Docteur-médecin.	St-Germain-en-Laye.
Gigot	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Mantes.
Chevallier	Maire de la ville de Mantes.	Mantes.
Tortel	Juge suppléant au trib. de Mantes.	Mantes.
Dermarres	Mem. du cons. mun. de Mantes.	Mantes.
Grenet	Ing. des ponts-et-chaussées.	Corbeil.
Feret	Membre du conseil général.	Corbeil.
Gaigneau	Manufacturier.	Corbeil.
Darblay	*Idem.*	Corbeil.
Laroche	Propriétaire.	Corbeil.

SEINE-INFÉRIEURE (*suite*).

MM.		
Doyat..	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Rouen.
De Saint-Léger. . . .	Ing. en chef des mines.	
Adamoli.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Lepeuple.	*Idem*.	
Malivoire.	Inspecteur de la navigation.	
Gueroult.	Ex-constructeur de navires.	
Delcourt.	Chef de division à la préfecture.	
Delafosse.	Négociant.	
Boutigny.	Conduct. des ponts-et-chaussées.	
Renaud..	Ing. en chef des ponts-et-chaussées.	Le Havre (*).
Chevallier.	Ing. des ponts-et-chaussées.	
Gachot.	Directeur du port.	
Guérin.	Anc. capitaine au long cours.	
Aribaut.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Dieppe.
Darbel.	Lieutenant de port.	
Buffard..	Ancien officier de marine.	
Legal.	Ancien capitaine au long cours.	
Fanouilleret.	Constructeur de navires.	

SOMME.

Beaulieu.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	Saint-Valery.
Richard.	Commissaire de marine.	
Ferquem.	Professeur d'hydrographie.	
Delahaye.	Conduct. des ponts-et-chaussées.	
Vasseur.	Lieutenant de port.	

VAR.

Sochez.	Ingénieur de la marine.	Toulon.
Lambert.	Ingénieur des travaux hydrauliq.	
Dupuy-Delôme. . . .	Ingénieur de la marine.	
Tassy.	Ingénieur des ponts-et-chaussées.	
Marchand..	Capitaine de port.	
Gueit.	Architecte.	

(*) La commission du Havre est instituée pour les bâtiments du Havre à Honfleur.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME IX.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE.

MÉTALLURGIE ET MINÉRALURGIE.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

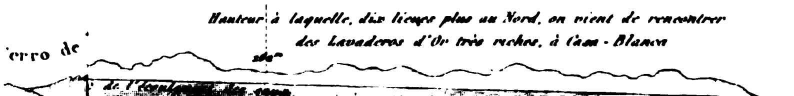
ADMINISTRATION.

PLANCHES JOINTES AU TOME IX.

FIN DU TOME IX.

...illères du Chili, à la latitude de Rancagua.

Fig. 1.



Coupe du terrain stratifié, faite dans la direction AB. Fig. 4. de l'Est à l'Ouest, en regardant ce terrain du haut du M.t S.t Lorenzo de l'autre côté de la vallée de Maypo, ou en se plaçant sur le Chemin qui descend de S.t Lorenzo à S.t Gabriel

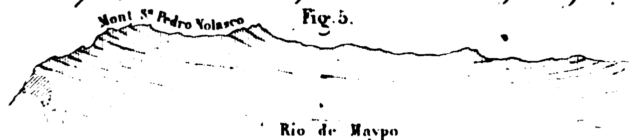


Fig. 5.



Fig. 6.

Coupe des Rochers qui se trouvent au confluent du Rio del Volcan avec le Rio del Yeso.



Fig. 7.

Signes ... Tofos.

Lemaitre sc.

Fig

Plan Topographique du Filon d'Almagrera.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11



Fig. 12.

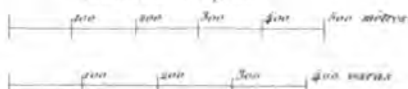


Fig. 13.



métallifère

Echelle de la Fig. 8.



Lemaitre

Fig

Plan Topographique du Filon d'Almagrera.

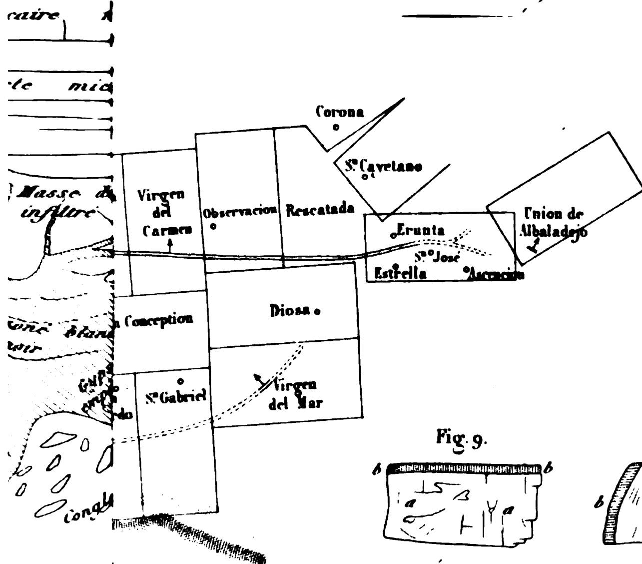


Fig. 9.

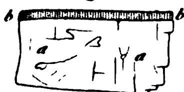


Fig. 10.

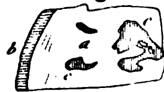


Fig. 2.

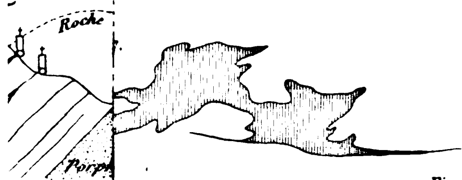


Fig. 11.



Fig. 12.

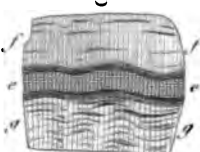
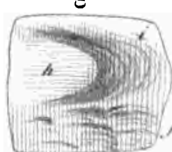
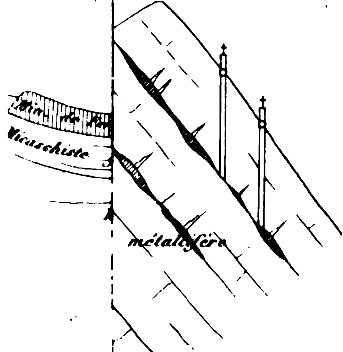
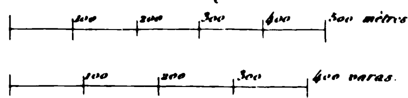


Fig. 13.





Echelle de la Fig. 8.



Lemaitre sc

Fig

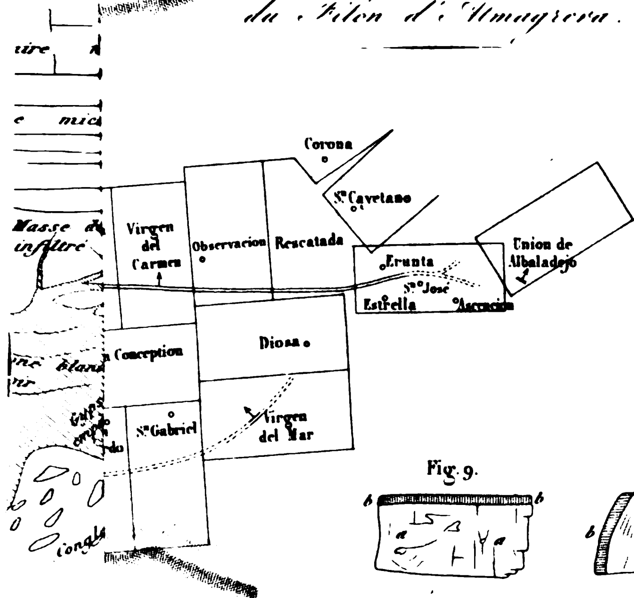


Fig. 9.

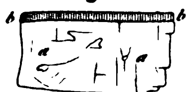
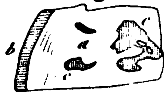


Fig. 10.



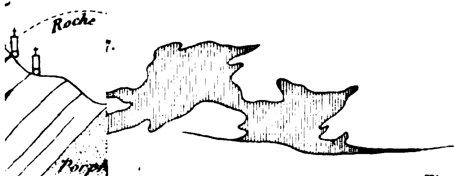


Fig. 11.

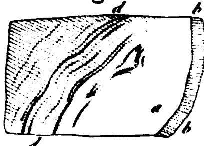


Fig. 12.

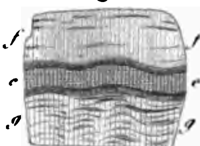
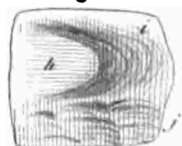
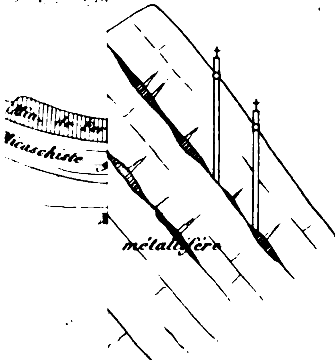
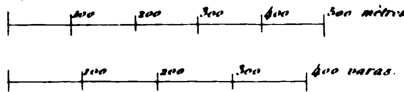


Fig. 13.

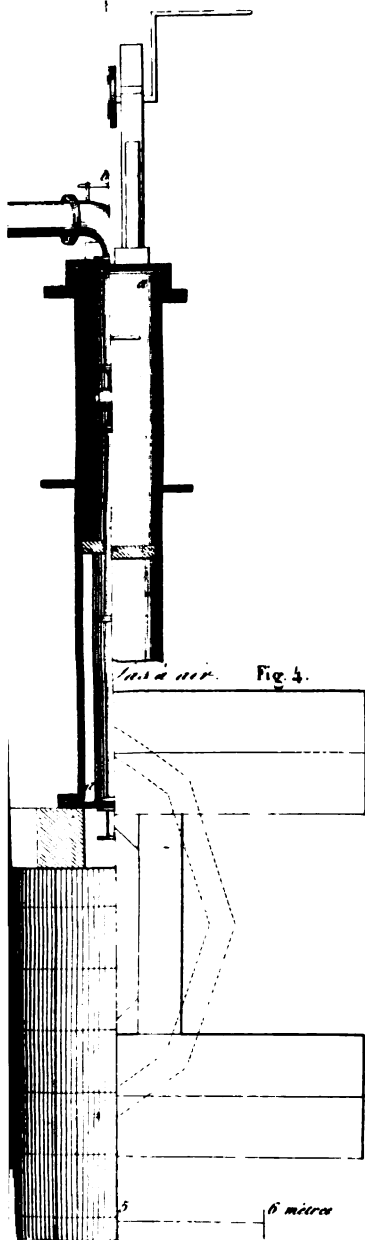




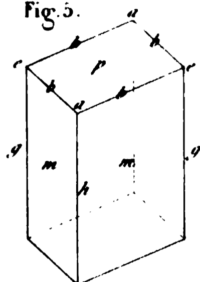
Echelle de la Fig. 8.

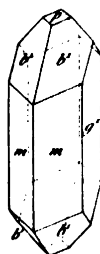


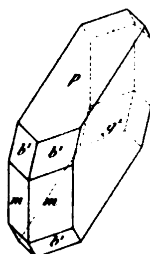
Lemaitre s



Formes cristallines de la Boracite par M. Descloizeaux

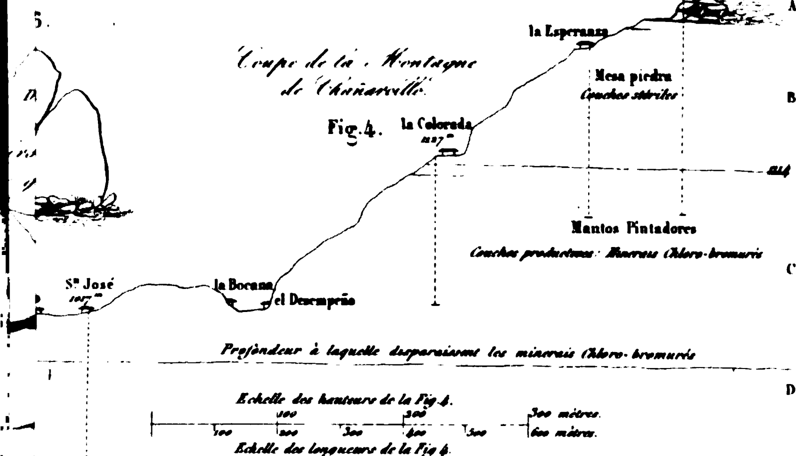


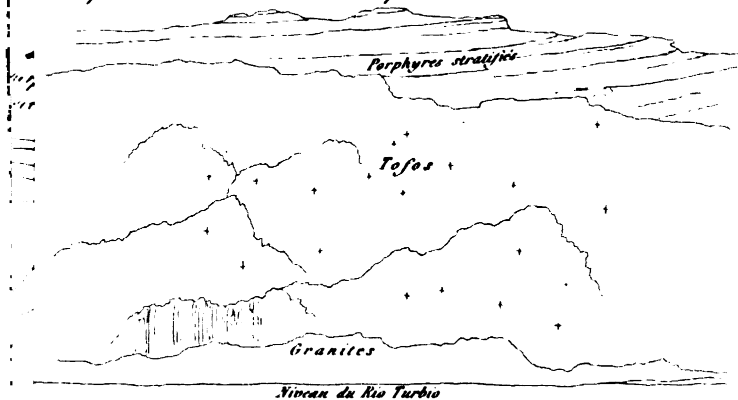


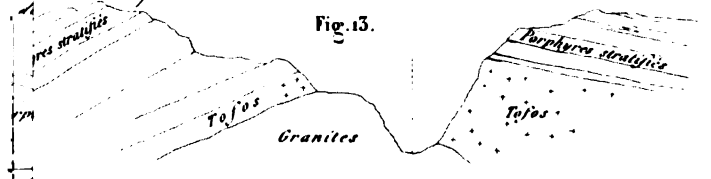


Lemaire sc.


Fig. 3.
D
E
F
G
H


Coupe de la Montagne de Chañarcillo
Fig. 4.
Carmenalta
Valenciana
la Esperanza
Mesa piedra
Couches stériles
La Colorada
Mantos Pintadores
Couches productives: Minerais Chloro-bromurés
Sn José
la Bocona
el Desempeño
911
Profondeur à laquelle disparaissent les minerais Chloro-bromurés
A
B
C
D
Echelle des hauteurs de la Fig. 4.
100
200
300 mètres.
100
200
300
400
500
600 mètres.
Echelle des longueurs de la Fig. 4.


Fig. 12.
Porphyres stratifiés
Tofos
Granites
Niveau du Rio Turbio


Fig. 13.
Porphyres stratifiés
Tofos
Granites

VI





500 mètres.

...ares. 1 vare = $0,^{m}83$.

Lemaître sc.

VII

Signes conventionnels.

Filons argentifères.

Filons de Cuivre aurifères.

Terrain secondaire stratifié.

Terrain granitique dioritique non stratifié.

Porphyre secondaire stratifié.

...00 vares

Lemaitre sc.




...virons de Mulah et de Constantine
Dj. Mouilla
Dj. Sidi Driss
1276 Ain Sfeurdjila
Dj. Ameta
Camp
Sedrata
Beni Mestina
Bled Afa
Djeb Kranga
Bled ben Kara
Bled ben Djelloul
Bled ben Zekri
B O U K S E B A
Dj. Khenenou
1203

